Fabrício Moraes de Almeida
(Organizador)

ENGENHARIA DE TRANSPORTES:

conceitos fundamentais e aplicações práticas

Atena Editora
Ano 2023

Fabrício Moraes de Almeida
(Organizador)

ENGENHARIA DE TRANSPORTES:

conceitos fundamentais e aplicações práticas

Atena Editora
Ano 2023

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Ellen Andressa Kubisty
Luiza Alves Batista
Nataly Evilin Gayde
Thamires Camili Gayde
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

2023 *by Atena Editora*
Copyright © Atena Editora
Copyright do texto © 2023 Os autores
Copyright da edição © 2023 Atena Editora
Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.
Open access publication by Atena Editora

Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial
Ciências Exatas e da Terra e Engenharias
Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Profª Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

Engenharia de transportes: conceitos fundamentais e aplicações práticas

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Carlos Eduardo Sanches de Andrade

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia de transportes: conceitos fundamentais e aplicações práticas / Organizador Carlos Eduardo Sanches de Andrade. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-2129-0
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.290232612

1. Engenharia de transportes. I. Andrade, Carlos Eduardo Sanches de (Organizador). II. Título.

CDD 629.04

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia de transportes: conceitos fundamentais e aplicações práticas” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 5 capítulos, estudos sobre diferentes temas relacionados à Engenharia de Transportes, revelando a sua importância na vida das pessoas, empresas, diferentes organizações e a sociedade em geral.

Com efeito, todo o desenvolvimento de uma Nação, de um Estado ou de uma cidade tem, como pilar, a mobilidade de pessoas e bens materiais, que requer planejamento, projetos, criação de veículos e infraestruturas, objeto de atenção da Engenharia de Transportes.

Os trabalhos apresentados abordam uma ampla gama de temas relevantes, como a concorrência no transporte rodoviário de cargas, o transporte público rodoviário intermunicipal, alternativas para a redução de conflitos de tráfego em interseções semaforizadas em desnível, a gestão da qualidade dos serviços prestados por sistemas de transportes públicos e a mobilidade urbana analisada sob a perspectiva da sustentabilidade.

Os trabalhos aqui abordados são pesquisas teóricas e práticas, compondo um acervo que, esperamos, seja de grande utilidade para pesquisadores e estudiosos em geral.

Agradecemos aos autores dos diversos capítulos apresentados e esperamos que essa compilação seja proveitosa para os leitores.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

A CONCORRÊNCIA PERFEITA NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS E O CONTEXTO DO ATUAL MODELO BRASILEIRO

Rone Evaldo Barbosa
Alexandre Garcês de Araújo

https://doi.org/10.22533/at.ed.12902326121

CAPÍTULO 2 7

UMA PROPOSTA DE PROJETO DE LINHA INTERMUNICIPAL DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS DO MODO RODOVIÁRIO, DE GOIÂNIA A SENADOR CANEDO

Gustavo Henrique Freitas Matinha
Kleybson Silva Borges
Alberto Maurício Souza Corrêa
Carlos Eduardo Sanches de Andrade

https://doi.org/10.22533/at.ed.12902326122

CAPÍTULO 3 29

DIVERGING DIAMOND INTERCHANGE – DDI – COMO ALTERNATIVA PARA A REDUÇÃO DE CONFLITOS DE TRÁFEGO EM INTERSEÇÕES EM DESNÍVEL

Rone Evaldo Barbosa
Alexandre Garcês de Araújo
Antonio José Rodriguez de Mattos Gobbo

https://doi.org/10.22533/at.ed.12902326123

CAPÍTULO 4 42

CONCEITOS FUNDAMENTAIS E APLICAÇÕES PRÁTICAS DA GESTÃO DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS PRESTADOS POR SISTEMAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS

Carlos Eduardo Sanches de Andrade
Alessandro de Santana Moreira de Souza
Isabela Araujo Bittencourt

https://doi.org/10.22533/at.ed.12902326124

CAPÍTULO 5 52

MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL – UMA ABORDAGEM CONCEITUAL

Rone Evaldo Barbosa
Alexandre Garcês de Araújo
Antonio José Rodriguez de Mattos Gobbo

https://doi.org/10.22533/at.ed.12902326125

SOBRE O ORGANIZADOR 63

ÍNDICE REMISSIVO 64

CAPÍTULO 1

A CONCORRÊNCIA PERFEITA NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS E O CONTEXTO DO ATUAL MODELO BRASILEIRO

Data de submissão: 05/12/2023 *Data de aceite: 22/12/2023*

Rone Evaldo Barbosa
Universidade Estadual de Goiás / Ministério dos Transportes / Infra S.A., Brasília, Distrito Federal, Brasil
http://lattes.cnpq.br/5991735511068871

Alexandre Garcês de Araújo
Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Goiás, Brasil
http://lattes.cnpq.br/3321527696885052

RESUMO: Este trabalho apresenta inicialmente os conceitos fundamentais que regem um mercado de concorrência perfeita. Descreve a seguir os requisitos necessários para a caracterização de uma concorrência perfeita, avaliando a sua compatibilidade com as características de mercado apresentadas pelo transporte rodoviário de cargas. Por fim, destaca aspectos positivos e negativos desse modelo de mercado para o setor e para o país.

PALAVRAS-CHAVE: transporte rodoviário; carga; concorrência perfeita; monopólio; oligopólio.

PERFECT COMPETITION IN ROAD CARGO TRANSPORT AND THE CONTEXT OF THE CURRENT BRAZILIAN MODEL

ABSTRACT: This work initially presents the fundamental concepts that govern a perfectly competitive market. It describes below the requirements necessary to characterize perfect competition, evaluating its compatibility with the market characteristics presented by road freight transport. Finally, it highlights positive and negative aspects of this market model for the sector and the country.

KEYWORDS: road transport; charge; perfect competition; monopoly; oligopoly.

1 I INTRODUÇÃO

Knight (1921), apresenta uma definição tradicional para a concorrência perfeita, na qual essa implica em uma conduta racional por parte de compradores e vendedores, no pleno conhecimento do mercado e do negócio, na ausência de fricções, na perfeita mobilidade e perfeita divisibilidade de fatores de produção e condições completamente estáticas.

Como essa definição é bastante ampla, é mais comum que essas várias ideias estejam separadas umas das outras e o termo “concorrência perfeita” seja aplicado a apenas algumas delas, conforme os modelos apresentados por Robinson (1934) e, recentemente, por Müller (2013).

Para o caso competitivo, P1=P2, não havendo poder de mercado e, mesmo que se aumente a produção, tem-se que manter o preço, pois o mercado é competitivo e a empresa maximizará o seu lucro quando o custo marginal for igual à receita marginal, e este definirá o preço de mercado. Considerando-se o modelo tradicional de mercado, o lucro é dado pela diferença entre a receita total e o custo total, conforme a equação 1.

$$\boldsymbol{L = R_T - C_T} \tag{1}$$

Onde:

L = lucro

$\mathbf{R_T}$ = receita total;

$\mathbf{C_T}$ = custo total;

Derivando o lucro (**L**) em relação a **q**, obtém-se:

$$\frac{\mathbf{dL}}{\mathbf{dq}} = \frac{\mathbf{dR}_T}{\mathbf{dq}} - \frac{\mathbf{dC}_T}{\mathbf{dq}} = \mathbf{0} \tag{2}$$

$$\frac{\mathbf{dR}_T}{\mathbf{dq}} = \frac{\mathbf{dC}_T}{\mathbf{dq}} \tag{3}$$

$$\mathbf{Rmg} = \mathbf{Cmg} \tag{4}$$

$$\mathbf{Receita\ \ marginal} = \mathbf{Custo\ \ marginal} \tag{5}$$

O modelo de Concorrência Perfeita parte do pressuposto de que há infinitas empresas ofertantes e o consumidor racional tem o poder de escolha. Cada empresa tem uma fatia infinitesimal do mercado e não definirá o preço. Logo, o mercado é o “determinador de preços”.

2 | CONDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA A CONCORRÊNCIA PERFEITA

A concorrência é perfeita quando a demanda pelo produto de uma firma tomada individualmente é perfeitamente elástica.

De forma simplificada, em que condições isso é verdadeiro?

a) O mercado deve ser perfeito.

b) O número de firmas deve ser grande.

O mercado de concorrência perfeita é definido através da existência de 4 características básicas:

i. existência de um grande numero ofertadores do produto ou serviço, sem que nenhum tenha participação expressiva;

ii. existência de um grande numero de empresas tomadoras do produto ou serviço sem que nenhum tenha participação expressiva;

iii. a inexistência de mercados cativos ou resguardados, isto é todos possuem livre acesso ao mercado;

iv. aplicação de uma tecnologia que é conhecida e acessível a todos os ofertadores do produto ou serviço.

Conforme pode ser observado, o mercado do **transporte rodoviário de cargas** preenche todos os requisitos de um mercado de **concorrência perfeita**. Vejamos a seguir algumas informações relevantes sobre a concorrência no transporte rodoviário de cargas.

3 I CONCORRÊNCIA NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS

De acordo com Schlüter (2013), os profissionais que estão ligados ao transporte rodoviário de cargas são sabedores de que este setor vive e sempre viveu uma situação de alta dispersão de atores. Pela contagem realizada pela ANTT (Agência Nacional de Transporte Terrestre), são aproximadamente 30.000 empresas no país. Nenhuma delas possui uma participação significativa de mercado que a caracterize como player de peso. A concorrência é acirrada em qualquer mercado, seja de carga fracionada, carga completa, itinerante etc., e pelo que sei existe apenas um mercado que é protegido (trata-se do mercado de distribuição de automóveis).

A concorrência acirrada faz com que as empresas atuem de forma extremamente agressiva em relação ao mercado, notadamente através da prática de tarifas. Os tomadores de serviço de transporte rodoviário de cargas (embarcadores), por sua vez, estão acostumados a esta prática e promove verdadeiros leilões tarifários, quando se trata de embarcar os seus produtos para os mercados de destino. Por conta disso, o mercado do transporte rodoviário de cargas é tido como um mercado de concorrência perfeita e isto não é novidade, tanto que já foi assunto mencionado de passagem em outros editoriais, mas vale lembrar novamente como é e como funciona este tipo de mercado (Schlüter, 2013).

A concorrência perfeita se caracteriza pelo fato de todos os ofertadores do produto ou serviço atuarem nos menores níveis tarifários, pois o mercado toma os serviços sem a diferenciação expressa de forma influente na estrutura de decisão do embarcador. Tanto é verdade, que passamos por uma situação de falta de capacidade de transporte (faltam caminhões e motoristas), e os embarcadores não estão concedendo os reajustes nos patamares adequados para a reposição dos custos.

Considerando-se as características básicas do mercado de concorrência perfeita

destacadas anteriormente, pode-se afirmar que o mercado do transporte rodoviário de cargas preenche todos os requisitos de um mercado de concorrência perfeita e a resposta que o mercado proporciona é visível. Entretanto, de acordo com Schlüter (2013), existe um detalhe que pode alterar este mercado, transformando-o em um mercado baseado no **monopólio** ou **oligopólio**, trata-se da característica de domínio de uma tecnologia diferenciada. Ou seja, se alguma empresa possuir tecnologia diferenciada e exclusiva, seja na operação ou na gestão, o mercado pode sofrer a transmutação mencionada acima. Quando uma empresa suficientemente robusta e com qualidade de gestão o fizer, o mercado embarcador catalisa nesta nova empresa e as demais morrem por inanição (de cargas para transportar).

De acordo com Valente (2008), o **Monopólio** ocorre quando há apenas uma empresa no mercado. Ela passa a determinar os preços e a qualidade dos serviços. No setor de transportes, os casos de monopólio são comuns, sendo muitas vezes exercidos por empresas estatais ou concessionárias dos serviços de transporte. O **Oligopólio** ocorre quando há um conjunto de poucas empresas, todas interdependentes e sensíveis a mudanças de preços. Qualquer iniciativa de um concorrente pode derrubá-las, o que as leva a atuarem em conjunto para determinarem suas atuações no mercado, evitando a guerra de preços. As figuras 1 e 2 ilustram o modelo destacado.

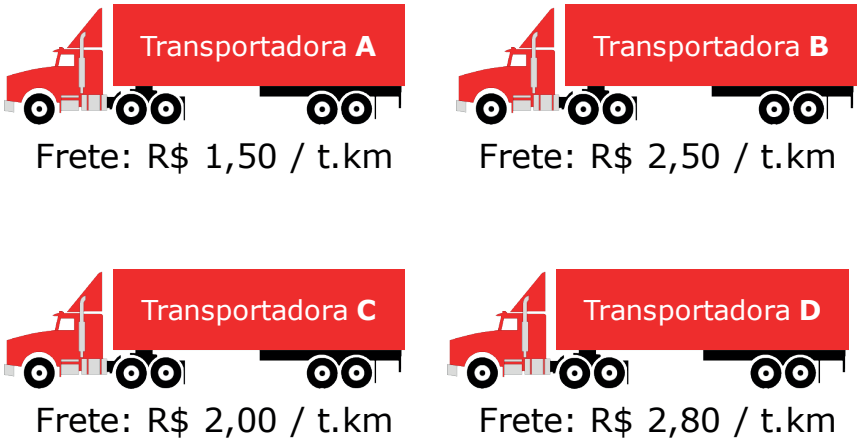


Figura 1: Concorrência Perfeita no Transporte Rodoviário de Cargas (adaptado de Valente, 2008).

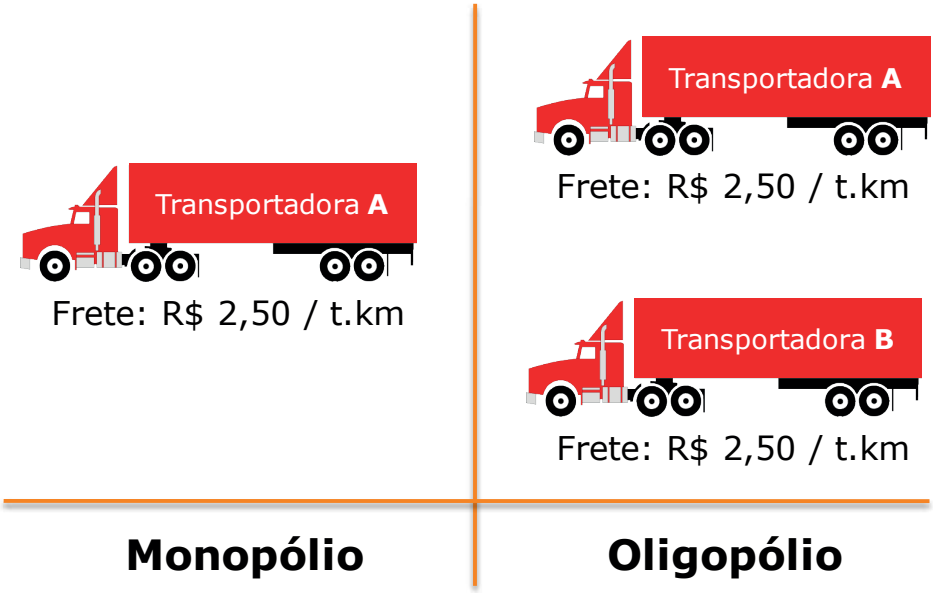


Figura 2: Concorrência Imperfeita no Transporte Rodoviário de Cargas (adaptado de Valente, 2008).

Segundo Schlüter (2013), nem sempre o monopólio é prejudicial. O **bom monopólio** não sofre ataques de usuários, pois proporciona serviços e produtos melhores e mais baratos que as empresas que estão em um mercado de concorrência perfeita. Um bom exemplo para esta afirmação é o Windows. Embora não se caracterize como monopólio puro, ele domina o mercado e as reclamações são insignificantes frente aos benefícios que proporcionou a todos os usuários de sistemas operacionais em computadores.

Isso é possível de ocorrer quando determinado conjunto formado de implementações podem permitir que a empresa catalise o mercado e ainda ter o seu crescimento auto-sustentado garantido. Assim, pode-se destacar dois pontos de vista: O **bom monopólio** é aquele que não sofre ataques de usuários, pois proporciona serviços e produtos melhores e mais baratos que as empresas que estão em um mercado de concorrência perfeita, enquanto o **monopólio ruim** implicaria na elevação do frete por ser o único detentor de determinada tecnologia.

4 I CONCLUSÕES

Conforme destacado no trabalho, no Brasil o transporte rodoviário de cargas se caracteriza como um mercado típico de concorrência perfeita. De um modo geral, esse modelo é bom para o país, pois geralmente resulta em valores de fretes mais baixos e, consequentemente, em menores custos logísticos.

A forma como essa concorrência ocorre no Brasil, contudo, tem levado a uma

concorrência perniciosa, levando-se em conta que ela ocorre às custas da pressão que o tomador dos serviços (embarcador) exerce sobre o transportador, principalmente em relação ao transportador autônomo. Por necessidade de recursos para despesas familiares e pagamento de prestações do caminhão, acaba por se submeter à pressão do mercado pela redução dos valores de fretes.

O grande transportador sofre menos pressão por geralmente trabalhar com grandes embarcadores e serviços dedicados, geralmente especializados. Além disso, o ganho em escala lhe permite maior poder de negociação de insumos e serviços associados à atividade fim, reduzindo os seus custos.

Estas peculiaridades do transporte rodoviário de cargas no Brasil tem resultado em algumas dificuldades para o setor nos últimos anos. Há uma evidente falta de profissionais e mesmo de serviços no país. Ainda mais considerando-se o crescimento do setor produtivo observado na última década e as projeções apontadas por diversos setores da economia brasileira. O histórico modelo de trabalho passado "de pai para filho", no caso do autônomo, tem sido deixado cada vez distante, visto que as novas gerações buscam outras oportunidades para não enfrentar os mesmos problemas que seus pais.

O mais importante, contudo, é que o país reveja o seu modelo de transporte de carga por meio de planos nacionais integrados e convergentes para a redução dos seus custos logísticos. Quanto ao transporte rodoviário de cargas, este deverá se inserir nesse novo modelo, focado no transporte multimodal, que exige maior profissionalização do setor e a busca de parcerias estratégicas para a sobrevivência no mercado. Espera-se, pois, que esse modelo de concorrência perfeita não seja predatório e convirja para a oferta de serviços de melhor qualidade e que, de fato, o valor do frete remunere coerentemente os serviços prestados.

REFERÊNCIAS

MARIANO, F. J. T. **Economia**. Brasília: Ed. Vestcon, 2007.

MÜLLER, C. J.; MICHEL, F. D. **Análise de Custos para Empresas de Transporte Rodoviário de Carga**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: PPGEP/UFRGS, 2013.

ROBINSON, J. **O que é concorrência Perfeita? – Transcritos do texto original "*The Economics of Imperfect Competition*"**. Quarterly Journal of Economics, vol 49, no. 1, vovembro de 1934, pp. 104'120. Londres: Macmillan, 1934.

SCHLÜTER, M. R. **Transporte Rodoviário de Cargas – da Plena Concorrência ao Monopólio**. Intelog - Inteligência em Gestão Logística. Publicado em 17/05/2008. www.intelog.net. Acesso em 11/06/2013.

VALENTE, A. M.; NOVAES, A. G.; PASSAGLIA, E.; VIEIRA, H. **Gerenciamento de Transporte e Frotas**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

CAPÍTULO 2

UMA PROPOSTA DE PROJETO DE LINHA INTERMUNICIPAL DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS DO MODO RODOVIÁRIO, DE GOIÂNIA A SENADOR CANEDO

Data de submissão: 22/12/2023 *Data de aceite: 22/12/2023*

Gustavo Henrique Freitas Matinha
Universidade Federal de Goiás - Faculdade de Ciências e Tecnologia
Discente da graduação em Engenharia de Transportes
Aparecida de Goiânia – Goiás

Kleybson Silva Borges
Universidade Federal de Goiás - Faculdade de Ciências e Tecnologia
Discente da graduação em Engenharia de Transportes
Aparecida de Goiânia – Goiás

Alberto Maurício Souza Corrêa
Universidade Federal de Goiás - Faculdade de Ciências e Tecnologia
Discente da graduação em Engenharia de Transportes
Aparecida de Goiânia – Goiás

Carlos Eduardo Sanches de Andrade
Universidade Federal de Goiás - Faculdade de Ciências e Tecnologia
Docente das graduações em Engenharia de Transportes e Engenharia Civil
Aparecida de Goiânia – Goiás
http://lattes.cnpq.br/2536969910869609

RESUMO: O presente trabalho trata-se uma proposta de projeto de criação de uma linha de transporte público rodoviária intermunicipal, conectando os municípios de Goiânia e Senador Canedo. Tem como objetivo justificar a existência desta nova linha, através de uma análise de demanda extraída da Matriz Origem Destino (O/D) realizada para a Região Metropolitana de Goiânia no ano 2000, e ampliada a partir dos dados de crescimento das cidades até 2023. Além disso, a Grade Horária de toda a operação foi produzida, com horários de partidas, chegadas, além do cálculo do número de motoristas e de veículos para realizar essa operação. Descreve-se também a gestão da operação, com a sugestão dos indicadores de desempenho a serem utilizados, bem como o custo de implantação e de salários estimados para a operação desta linha. A linha é desenvolvida no contexto do franco desenvolvimento do município de Senador Canedo, que atualmente conta com linhas que não atendem toda sua população, que executa diariamente um movimento pendular para a capital do estado. Propõe-se uma rota alternativa, que não faz uso das rodovias estaduais, mas sim de uma avenida que interliga os centros de ambos os municípios envolvidos. É esperado que esta nova linha desafogue o tráfego, pois as pessoas

poderão trocar os veículos individuais motorizados pelo uso do transporte público, alcançando também uma melhora ambiental com redução de emissão de poluentes atmosféricos. Mais importante, a linha permite a inserção social dos moradores da porção oeste do município de Senador Canedo, que atualmente contam com opções insuficientes de transporte público, sendo estas por vezes inexistentes. A linha proposta, numerada 109, permite a inclusão destas pessoas, promovendo também o desenvolvimento mútuo de ambos os municípios.
PALAVRAS-CHAVE: Transporte intermunicipal. Passageiros. Rodoviário. Projeto. Programação da operação. Matriz origem-destino.

A PROJECT PROPOSAL FOR AN INTERMUNICIPAL LINE FOR PUBLIC ROAD PASSENGER TRANSPORT, FROM GOIÂNIA TO SENATOR CANEDO

ABSTRACT: This work is a project proposal to create an intermunicipal road public transport line, connecting the municipalities of Goiânia and Senador Canedo. It aims to justify the existence of this new line, through a demand analysis extracted from the Origin Destination Matrix (O/D) carried out for the Metropolitan Region of Goiânia in the year 2000, and expanded based on city growth data until 2023. In addition, the Timetable for the entire operation was produced, with departure and arrival times, in addition to calculating the number of drivers and vehicles to carry out this operation. The management of the operation is also described, with the suggestion of performance indicators to be used, as well as the implementation cost and estimated salaries for the operation of this line. The line is developed in the context of the rapid development of the municipality of Senador Canedo, which currently has lines that do not serve its entire population, which commutes daily to the state capital. An alternative route is proposed, which does not use state highways, but rather an avenue that connects the centers of both municipalities involved. This new line is expected to relieve traffic, as people will be able to exchange individual motorized vehicles for the use of public transport, also achieving an environmental improvement with a reduction in atmospheric pollutant emissions. More importantly, the line allows the social integration of residents of the western portion of the municipality of Senador Canedo, who currently have insufficient public transport options, which are sometimes non-existent. The proposed line, numbered 109, allows the inclusion of these people, also promoting the mutual development of both municipalities.
KEYWORDS: Intercity transport. Passengers. Road. Project. Operation programming. Origin-destination matrix.

1 I INTRODUÇÃO

O cenário dinâmico das cidades contemporâneas é marcado por um contínuo processo de evolução e crescimento populacional. Diante disso, a mobilidade urbana emerge como um desafio urgente e crucial. Conforme a expansão das cidades, a demanda por soluções eficazes de transporte público se intensifica, especialmente nas áreas que carecem de um sistema estruturado e eficiente. Nestas regiões desprovidas de uma rede de transporte coletivo capaz de atender de maneira adequada às necessidades da população, os desafios relacionados à mobilidade tornam-se ainda mais acentuados.

Nesse contexto, a ausência de um sistema de transporte público eficiente não

apenas limita as opções de deslocamento dos cidadãos, mas também impacta diretamente a acessibilidade a serviços básicos, oportunidades de emprego e outros elementos essenciais da vida urbana. As consequências desse déficit refletem-se nas atividades diárias da população, muitas vezes resultando em desafios logísticos, aumento do tempo de deslocamento e, por vezes, isolamento de determinadas comunidades.

Dessa maneira, a mobilidade urbana não pode ser considerada apenas uma questão de deslocamento físico, mas também está intrinsecamente ligada à equidade social e ao acesso a oportunidades. Nesse sentido, a proposta desse projeto concentra-se na concepção de uma linha de transporte público coletivo, numerada linha 109, conectando dois distritos situados na Região Metropolitana de Goiânia, o Setor Central e o município Senador Canedo. A escolha desses distritos se manifesta em resposta a uma lacuna existente na oferta de transporte público nessa região, visando proporcionar uma solução eficaz para os desafios de deslocamento enfrentados pela população local.

Apesar da proximidade geográfica entre os distritos, a população de Senador Canedo enfrenta gargalos na conectividade através do transporte público. A ausência de uma rede integrada impacta diretamente a mobilidade dos residentes e trabalhadores desses distritos, resultando em obstáculos no acesso a serviços, empregos e demais atividades cotidianas.

Nas últimas décadas, a cidade de Senador Canedo presenciou um crescimento populacional notável, evidenciando uma expansão demográfica exponencial. O último levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), aponta o município goiano como o que mais cresce entre aqueles com população superior a 100 mil habitantes. Esse fator, atrelado às falhas no planejamento operacional das linhas e a incapacidade da infraestrutura de transporte em suprir o crescimento populacional, implica em deficiências no serviço ofertado (Coelho Filho e Guimarães, 2018).

Diante desse panorama, a proposta do grupo visa mitigar tais desafios, promovendo uma melhoria significativa na qualidade de vida dos cidadãos por meio da implementação de uma linha de ônibus que interligue os dois distritos.

A justificativa para a execução desse projeto reside na sua relevância social e econômica. A conectividade proporcionada pela nova linha de ônibus não apenas facilitará o deslocamento diário da população, mas também abrirá novas perspectivas de desenvolvimento econômico e social. A iniciativa contribuirá para a redução do tráfego individual, minimizando impactos ambientais e promovendo práticas mais sustentáveis.

Portanto, a proposta desse projeto não se limita a atender uma demanda represada de transporte público, mas também busca promover uma transformação positiva no cotidiano dos habitantes desses distritos. Corroborando como uma medida estratégica, a nova linha de transporte público coletivo surge como um instrumento para melhorar a mobilidade urbana e, consequentemente, elevar a qualidade de vida na região.

2 | DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo será apresentado de maneira abrangente o projeto em questão, proporcionando uma visão detalhada de suas características fundamentais nos domínios do planejamento operacional e da gestão.

2.1 Base de Dados

A base de dados empregada nesta pesquisa originou-se de um estudo conduzido pela Empresa de Transporte Urbano de Goiás S/A (TRANSURB), abordando a Pesquisa de Origem e Destino - Sistema de Transportes Urbanos da Região Metropolitana de Goiânia no ano 2000. Essa pesquisa abrange informações relativas aos modos de transporte coletivo, individual e a pé, com uma segmentação temporal de 24 horas, incluindo os períodos de pico pela manhã e à tarde (ANDRADE, 2023).

Entretanto, para viabilizar a utilização desses dados, foi essencial realizar uma atualização para o ano corrente, 2023. Para alcançar esse objetivo, foram adquiridos os dados relativos aos censos demográficos dos anos subsequentes, de 2010 e 2022 (IBGE, 2022), conforme a *Tabela 1*, e a partir dessa projeção, calculou a taxa de crescimento populacional. Além disso, efetuou-se a interpolação dos valores mais recentes (2022) para se obter a taxa de crescimento para o ano vigente, assim assegurando a aceitabilidade e atualidade das informações utilizadas no contexto da pesquisa.

Período	2000	2010	2022
População Goiânia (hab)	1.093.007	1.302.001	1.437.237
População S. Canedo (hab)	53.105	84.443	155.635

Tabela 1: Crescimento populacional dos municípios de origem

Fonte: Autores (2023), com dados de ANDRADE (2023) e IBGE (2022)

Ao analisar os dados de crescimento populacional, identificamos taxas de variação entre os períodos citados, conforme detalhado na *Tabela 2*, estas foram posteriormente aplicadas na planilha referente ao ano de 2000. Destaca-se que essas taxas foram exclusivamente incorporadas aos municípios de origem/destino, ou seja, Goiânia (Setor Central) e Senador Canedo. Essa abordagem tornou os dados mais precisos e alinhados com a realidade atual, permitindo uma representação mais fiel da demanda de transporte individual, coletivo e de pedestre.

Período	de 2000 a 2010	de 2010 a 2022	de 2022 a 2023	de 2000 a 2023
População Goiânia	19,12%	10,39%	0,83%	32,58%
População Canedo	59,01%	84,31%	5,23%	208,39%

Tabela 2: Taxa de crescimento entre períodos

Fonte: Autores (2023)

2.2 Caracterização da Demanda

A partir da atualização dos dados da matriz origem e destino da Região Metropolitana de Goiânia para o ano de 2023, foram escolhidos os distritos abrangidos pelo trajeto proposto para a linha de transporte. Esses distritos incluem o Setor Central (D1), Setor Leste Universitário (D53), Jardim Goiás (D54), Setor Água Branca (D56), Bairro Jardim Brasil (D57) e Senador Canedo (D73). A *Figura 1* ilustra de forma visual os distritos que serão percorridos por essa linha.

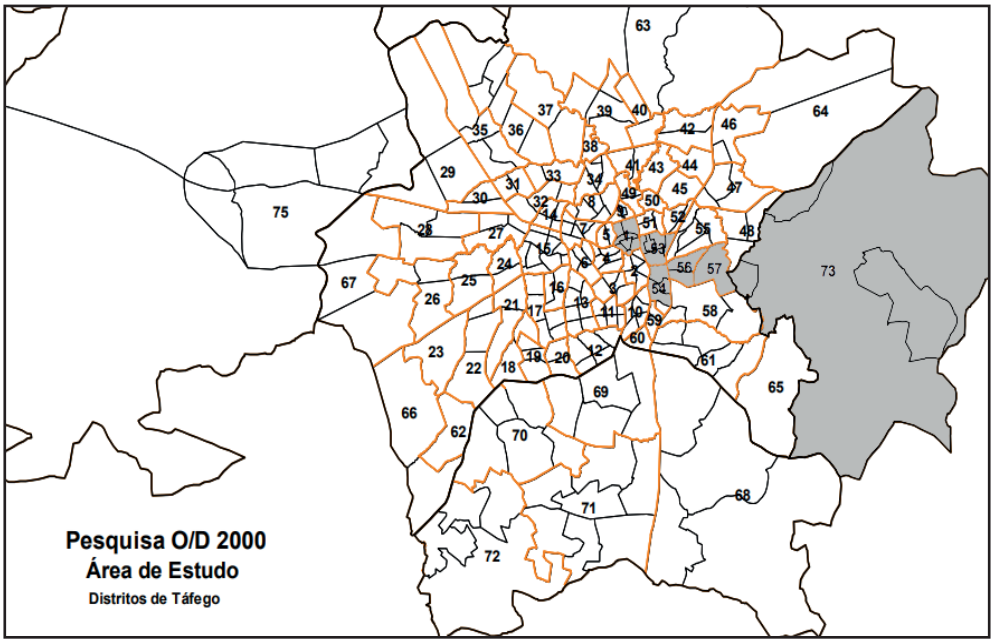


Figura 1: Distritos de Tráfego

Fonte: Andrade (2023)

Uma vez definidas essas localidades, o próximo passo consistiu na identificação de pontos geradores de tráfego, caracterizados por uma expressiva demanda de deslocamentos e pelo trajeto a ser percorrido. Os locais escolhidos em cada distrito serão detalhadamente apresentados nos próximos registros, proporcionando uma visão abrangente da infraestrutura viária planejada para essa linha de transporte.

Setor Central (D1): Estádio Olímpico Pedro Ludovico Teixeira

Considerado o ponto de partida/chegada da linha 109, este terá uma estação implantada em frente ao Estádio Olímpico Pedro Ludovico Teixeira, situado em Goiânia. Este desempenha um papel significativo na geração de viagens na região, sendo um importante centro esportivo e cultural. O estádio não apenas atrai aficionados por eventos

esportivos, mas também se configura como um ponto de convergência para diversas atividades, como concertos, celebrações e eventos comunitários. Ao posicionar a estação rodoviária em sua proximidade, não só fomentará a mobilidade na cidade ao atrair um grande fluxo de espectadores e participantes, mas também catalisará o desenvolvimento econômico ao impulsionar setores relacionados, como o turismo e o comércio local.

Setor Leste Universitário (D53): Terminal Praça da Bíblia

O Terminal Praça da Bíblia desempenha um papel crucial na rede metropolitana de Goiânia, atuando como ponto central de convergência que otimiza a eficiência, conectividade e acessibilidade do sistema de transporte público na cidade. Sua localização estratégica facilita a interligação de diversas linhas, promovendo a mobilidade e contribuindo para a vitalidade econômica e social da região. Sua utilização como um nó da linha proposta é essencial para a promoção do transporte público coletivo.

Jardim Goiás (D54): PUC Goiás - Câmpus V

Relevante centro acadêmico e cultural da região, a PUC Goiás - Câmpus V desempenha um papel vital como polo gerador de tráfego, sendo um centro educacional que atrai estudantes, professores e funcionários diariamente. Além disso, a presença de eventos acadêmicos, culturais e esportivos contribui para o intenso fluxo de pessoas na região. Utilizar essa localidade para instalar um nó da rede rodoviária trará diversos benefícios como maior acessibilidade para estudantes e funcionários, redução do tráfego individual, promoção da sustentabilidade ao incentivar o uso de transporte coletivo.

St. Água Branca (D56): Shopping Lozandes e B. Jardim Brasil (D57): Av. Gameleira

Apesar de não contarem com polos geradores de tráfego consolidados como os distritos mencionados anteriormente, essas localidades estão em pleno processo de expansão, evidenciado pela implantação de diversos empreendimentos comerciais, complexos residenciais e outras infraestruturas. Essa dinâmica sugere uma potencial expansão no horizonte futuro. Além disso, apesar de abrigarem uma população já expressiva, esses distritos ainda carecem de uma integração eficaz com os distritos 1 e 73, apontando para a necessidade de desenvolvimento da rede de transporte na região.

Senador Canedo (D73): Terminal Osvaldo Augustinho Cardoso

O Terminal Senador Canedo desempenha um importante papel como ponto de concentração de fluxos de deslocamento na região. Utilizar este terminal como ponto de

partida/chegada para outra linha rodoviária oferece benefícios significativos, otimizando a eficiência do sistema. A concentração de passageiros no terminal não apenas agiliza as operações, reduzindo tempos de espera, mas também promove uma interconexão eficaz entre diferentes rotas, melhorando a acessibilidade e fomentando uma mobilidade urbana mais integrada e eficiente.

Considerando os pontos de transportes da futura linha de transporte público a ser implementada, conduziu-se à elaboração do itinerário para a linha 109. Destaca-se uma sutil variação entre os trajetos de ida e volta, uma vez que as vias de sentido único impõem modificações ao percurso mais eficiente, equilibrando a busca pela menor distância com a otimização do tempo de deslocamento. A Rede Metropolitana de Transporte Coletivo (RMTC) de Goiânia foi utilizada como referência para criação do itinerário da linha, uma vez que buscou-se simular uma situação real de operação nos dias comerciais. Nos *Apêndice 1* e *Apêndice 2*, podemos visualizar, de maneira respectiva, os trajetos referentes às direções Setor Central → Senador Canedo e Senador Canedo → Setor Central.

Com o roteiro definido para a linha, compreendendo nós e arcos, e a base de dados atualizada mediante a taxa de crescimento populacional, conduziu-se o processo de filtragem. Inicialmente, foram isolados os distritos pertinentes para a linha, são eles: 1, 53, 54, 56, 57 e 73. Durante esta etapa, alguns critérios foram adotados:

- O funcionamento da linha de ônibus será no período das 6h às 22h;
- A demanda será calculada com base nos horários de pico, considerando como o momento mais crítico para a operação de um sistema de transporte público coletivo;
- Os horários de pico, serão contemplados ao longo de um intervalo de 3 horas;
- Foi adotada uma taxa de migração de 80% para o Transporte Coletivo e de 5% para os modos Individual Motorizado e a Pé, influenciando assim o cálculo ponderado da demanda.

A aplicação destes critérios permitiu efetuar a filtragem dos dados (*Tabela 3*).

Distritos	1 (St Central)	53 (T. Praça da Biblia)	54 (PUC V)	56 (Shopping Lozandes)	57 (Jardim Brasil)	73 (T. Senador Canedo)	Total
1 (St Central)	354	334	120	2	0	0	810
53 (T. Praça da Biblia)	431	119	84	0	0	36	670
54 (PUC V)	215	69	19	0	0	0	303
56 (Shopping Lozandes)	277	360	55	50	8	41	791
57 (Jardim Brasil)	740	350	120	2	328	0	1540
73 (T. Senador Canedo)	1364	497	575	0	0	1698	4134
Total	3381	1729	973	54	336	1775	8248

F.C.: 0,827% Goiânia e 5,227% Canedo

Seção Crítica Centro-Canedo		Seção Crítica Canedo-Centro	
1->53	456	73->57	2436
53->54	242	57->56	3648
54->56	38	56->54	4338
56->57	85	54->53	3872
57->73	77	53->1	3027

Tabela 3: Matriz O/D e Seção Crítica

Fonte: Autores (2023)

A demanda estimada (*Tabela 4*) para os horários de vale foi calculada a partir da demanda projetada para os horários de pico. Utilizou o Pico Manhã, PM, para se calcular a demanda até o meio-dia, e os horários de vale do Pico Tarde, PT, também foram calculados baseados em percentuais do Pico Tarde.

		Total	Centro-Canedo		Canedo-Centro	%	Seção Crítica (Canedo-Centro, 56->54)	%
Manhã	6h a 7h	1893	208	100% PM	1685	100% PM	1446	100% PM
	7h a 8h	1893	208	100% PM	1685	100% PM	1446	100% PM
	8h a 9h	1893	208	100% PM	1685	100% PM	1446	100% PM
	9h a 10h	1799	198	95% PM	1601	95% PM	1374	95% PM
	10h a 11h	1705	188	90% PM	1517	90% PM	1302	90% PM
	11h a 12h	1515	167	80% PM	1348	80% PM	1157	80% PM
	12h a 13h	842	487	60% PT	355	60% PT	185	60% PT
	13h a 14h	982	568	70% PT	414	70% PT	216	70% PT
	14h a 15h	1122	649	80% PT	473	80% PT	247	80% PT
	15h a 16h	1262	730	90% PT	532	90% PT	278	90% PT
Tarde	16h a 17h	1402	811	100% PT	591	100% PT	308	100% PT
	17h a 18h	1402	811	100% PT	591	100% PT	308	100% PT
	18h a 19h	1402	811	100% PT	591	100% PT	308	100% PT
	19h a 20h	1333	771	95% PT	562	95% PT	293	95% PT
	20h a 21h	1262	730	90% PT	532	90% PT	278	90% PT
	21h a 22h	982	568	70% PT	414	70% PT	216	70% PT
		22689	**8113**		**14576**		**10808**	

Tabela 4: Demanda

Fonte: Autores (2023)

Observou-se que os horários de pico ocorrem das 06h às 09h e das 16h às 19h, sendo o período matutino o mais crítico para a linha. A demanda no sentido de Senador Canedo para Setor Central (Goiânia) atinge 4.338 passageiros, resultando em uma média de 1.446 passageiros por hora durante o intervalo das 06h às 09h da manhã.

2.3 Caracterização da Oferta

2.3.1 Veículo

A partir da demanda verificada, e estabelecida a seção-crítica como sendo no sentido Canedo-Centro no Pico Manhã, procedeu-se para a escolha de um veículo rodoviário que pudesse confortavelmente suportar a demanda. Primeiramente estabeleceu-se que o veículo não seria do tipo articulado, pois de acordo com Queiroz (2021), os ônibus articulados em ambientes fora de vias segregadas, como em um BRT, não performam de maneira comparável aos ônibus convencionais. Como a via existente conectando os dois municípios (Senador Canedo e Goiânia) não conta com a infraestrutura adequada para instalação do sistema BRT, optou-se por um ônibus simples de carroceria fixa, que possuísse a maior capacidade disponível.

Dentre as opções existentes, o ônibus Mercedes Super Padron O-500 R 1830

4x2 (*Figura 3*) mostrou-se a escolha adequada. Além de possuir boa capacidade, de 95 passageiros, sendo 64 em pé, 30 sentados e espaço para 1 cadeirante, é também o modelo adotado pela RMTC de Goiânia como ônibus para renovar a frota. Dessa maneira, e considerando esta linha 109 proposta como compondo a malha rodoviária atendida pela RMTC, resolveu-se seguir o padrão da RMTC.

O veículo, segundo a fabricante, tem dimensão de 14 metros de comprimento, e um limite de velocidade de 120 km/h. Conta com ar condicionado, e uma largura de 2,6 metros, o que atende às necessidades das cidades goianas nas quais a operação ocorrerá.

Figura 3: Ônibus Mercedes Super Padron

Fonte: Diário do Transporte (2021)

2.3.2 Headway

O *headway*, o tempo entre o lançamento de dois veículos na linha, foi calculado para as horas de pico, manhã e tarde, e nos dois sentidos Canedo-Centro e Centro-Canedo, na seção crítica. Para isso, verificou-se qual a demanda, isto é, o número de pessoas, para cada situação.

A demanda esperada para cada uma destas situações é: Pico Manhã Canedo-Centro (1.446 passageiros/h); Pico Manhã Centro-Canedo (152 passageiros/h); Pico Tarde Canedo-Centro (402 passageiros/h); Pico Tarde Centro-Canedo (660 passageiros/h).

Ao se dividir esta demanda por hora pela capacidade do ônibus, de 95 passageiros, é possível calcular quantos ônibus por hora são necessários para comportar a demanda na seção crítica. Em casos de resultados da divisão quebrados, arredondou-se para cima, de maneira que o número de ônibus fosse maximizado. Apesar de isto incorrer em custos operacionais extras, a alternativa de arredondar para baixo promove a superlotação e

deterioração das viagens dos passageiros. Desse modo, estipulou-se para cada rota e horário: Pico Manhã Canedo-Centro (16 ônibus/h); Pico Manhã Centro-Canedo (2 ônibus/h); Pico Tarde Canedo-Centro (5 ônibus/h); Pico Tarde Centro-Canedo (7 ônibus/h).

Os valores de ônibus/h podem ser manipulados matematicamente para representarem minutos/ônibus. Isto é, o intervalo temporal entre dois ônibus, número que representa o *headway*. Novamente, após os cálculos efetuados, em caso de valores quebrados, optou-se por arredondar o *headway*, desta vez para baixo, para minimizar a espera dos passageiros nos terminais e pontos da linha. Os *headways* adotados são: Pico Manhã Canedo-Centro (3,75 min/ônibus); Pico Manhã Centro-Canedo (30 min/ônibus); Pico Tarde Canedo-Centro (12 min/ônibus); Pico Tarde Centro-Canedo (8,5 min/ônibus).

Para os períodos de vale, fora dos horários de pico, contando com uma menor demanda, se estabeleceu um *headway* mínimo de trinta minutos, e máximo de 40 minutos. O primeiro horário de vale, correspondente ao horário das 09:00 às 16:00, tem *headway* de 30 minutos para o sentido Senador Canedo-Centro, enquanto o de 40 minutos está no sentido oposto, do Centro de Goiânia-Canedo. No vale noturno, os *headways* são invertidos quanto ao sentido. Esta adoção se deu em consonância com a demanda da seção crítica para cada um dos horários.

2.3.3 Velocidade e Tempo de Viagem

A velocidade operacional do veículo em uma linha de transporte público é parâmetro fundamental para que ocorra a oferta programada do transporte. Atrasos devido a acidentes, defeitos, congestionamentos ou volume excessivo de passageiros comprometem a operação, gerando atrasos ou mesmo cancelamentos de viagens.

Para a Linha 109, foram definidas duas velocidades médias ao longo da rota planejada. Do Distrito 1, no Setor Central, ao Distrito 56, no Setor Água Branca, foi utilizada a velocidade média de 30 km/h. Isto é ocasionado pelo grande fluxo de veículos, semaforização e áreas de conflito, bem como um maior número de paradas, o que impede o ônibus de desenvolver uma maior velocidade. No percurso do Distrito 56 ao Distrito 73, em Senador Canedo, adotou-se uma velocidade média de 40 km/h, pois o menor tráfego de veículos e sendo o trajeto fora de área densamente urbanizada permite o desempenho de uma maior velocidade.

Como a rota em ambos os sentidos, Centro-Canedo e Canedo-Centro, se dá pelas mesmas ruas e avenidas, a mesma velocidade média foi adotada para os trechos equivalentes, resultando assim em um tempo de viagem de 38 minutos e 30 segundos. A distância do Terminal no Setor Central ao Ponto de Parada no Setor Água Branca é de 7,9 km, enquanto deste ponto ao Terminal de Senador Canedo é de 15 km.

2.3.4 Tempo de Ciclo

O Tempo de Ciclo é composto do somatório do Tempo de Viagem entre terminais, descrito acima, e dos tempos de portas e partidas, de passageiros e tempo de folga, discretizados abaixo. Para o Pico Manhã, o Tempo de Ciclo é no formato hh:mm:ss, 2:04:13. Já no Pico tarde, seguindo o mesmo formato, tem-se 2:05:59. O Tempo de Ciclo nos horários de vale foi considerado por critérios de arredondamento como sendo de 2:00:00, devido ao menor volume de trânsito e passageiros transportados, resultando em menos tempos de parada.

2.3.4.1 Tempo de portas e partida

O tempo de portas do veículo, destinados ao tempo de operação das portas e arranque do veículo são pontos cruciais na operação de sistemas de transporte de passageiros. Uma grande quantidade de pontos de parada, além de aumentar estes tempos operacionais necessários, reduzem a velocidade média do veículo, pois há uma grande perda da velocidade desempenhada devido à desaceleração e parada total veicular.

Para a operação da Linha 109, considerou-se o tempo de operação das portas como sendo 6 segundos para embarque e desembarque, e 4 segundos para saída do veículo, totalizando 10 segundos. Como em um trecho (Senador Canedo-Centro ou Centro-Senador Canedo) são previstos 6 pontos de parada, sendo cinco intermediários e um no terminal, o tempo total dedicado a esta ação é de 1 minuto em cada sentido.

2.3.4.2 Tempo dos passageiros

Após a parada do veículo e abertura das portas, deve ser realizado o embarque e desembarque dos passageiros. Para calcular a quantidade estimada de passageiros embarcados e desembarcados em cada ponto da linha, utilizou-se a planilha da demanda nos horários de pico. Dividindo-a por três, foi possível estimar a demanda horária, isto é, o número de passageiros esperados em cada ponto da linha por hora. Ao dividir este valor por 60, e multiplicá-lo pelo *headway* naquele sentido, tem-se o valor esperado de passageiros entrando e saindo do veículo. As *Tabela 5* e *Tabela 6* dispostas abaixo indicam, respectivamente, o número de passageiros esperados pela manhã e pela tarde em cada ponto:

Distritos	1 (Estádio Olímpico Setor Central)	53 (T. Praça da Bíblia Leste Universitário)	54 (PUC V Jardim Goiás)	56 (Shopping Lozandes Água Branca)	57 (Ponto 05475 Rivieira)	73 (T. Senador Canedo)	Total
1 (Estádio Olímpico Setor Central)		56	20	1	0	0	77
53 (T. Praça da Bíblia Leste Universitário)	9		14	0	0	6	29
54 (PUC V Jardim Goiás)	5	2		0	0	0	7
56 (Shopping Lozandes Água Branca)	6	8	2		2	7	25
57 (Ponto 05475 Rivieira)	16	8	3	1		0	28
73 (T. Senador Canedo)	29	11	12	0	0		52
Total	65	85	51	2	2	13	218

Tabela 5: Passageiros embarcados e desembarcados no Pico Manhã

Fonte: Autores (2023)

Distritos	1 (Estádio Olímpico Setor Central)	53 (T. Praça da Bíblia Leste Universitário)	54 (PUC V Jardim Goiás)	56 (Shopping Lozandes Água Branca)	57 (Ponto 05475 Rivieira)	73 (T. Senador Canedo)	Total
1 (Estádio Olímpico Setor Central)		33	7	12	21	23	661
53 (T. Praça da Bíblia Leste Universitário)	33		1	3	3	6	246
54 (PUC V Jardim Goiás)	8	9		3	0	6	138
56 (Shopping Lozandes Água Branca)	6	0	1		2	0	43
57 (Ponto 05475 Rivieira)	9	4	0	8		0	98
73 (T. Senador Canedo)	27	19	0	1	0		226
Total	404	377	52	156	183	240	1412

Tabela 6: Passageiros embarcados e desembarcados no Pico Tarde

Fonte: Autores (2023)

Com o mesmo procedimento do cálculo da seção crítica, considerando o número de passageiros que adentram o veículo em cada ponto, menos os que desembarcam, é possível definir a quantidade de pessoas que embarcam e desembarcam em cada ponto. Foi considerado para cada ponto a operação crítica, isto é, a que contasse com mais passageiros, para se calcular o tempo necessário daquela operação. Foi adotado o tempo de 3,8 segundos para cada passageiro embarcar ou desembarcar (FERRONATTO, 2005).

Assim, o tempo destinado aos passageiros para cada trecho da viagem, e em cada período de pico é: Pico Manhã Canedo-Centro (787 s); Pico Manhã Centro-Canedo (726 s); Pico Tarde Canedo-Centro (798 s); Pico Tarde Centro-Canedo (820,8 s).

2.3.4.3 Tempo de folga

O tempo de folga para o motorista é destinado para que ele, ao chegar ao terminal após a viagem, possa brevemente repousar, se hidratar e realizar alguma atividade de curta duração. Além disso, segundo a Lei 13.103/2015, a cada 4 horas viajadas, o motorista deve descansar um período de 30 minutos. Este período pode, entretanto, ser fracionado. Dessa maneira, uma folga de 10 minutos a cada término de sentido (isto é, meia viagem completa), garante-se o cumprimento desta lei.

2.3.5 Grade Horária

Devido ao *headway* variável conforme sentido, a grade horária para esta operação (*Apêndice 3*) não se dá no convencional estilo Carrossel, onde o *headway* é constante nos dois sentidos. Apesar de mais simples, o carrossel acarretaria em ônibus com baixa ocupação no sentido menos carregado (Centro-Canedo pela manhã, e Canedo-Centro a tarde).

Entretanto, por se tratar de uma linha operada pela RMTC, os ônibus que estariam ociosos após completar o trecho de um sentido podem ser incorporados à malha rodoviária, e serem utilizados em outras linhas. Isto é particularmente favorável nesta linha, onde o sentido mais crítico é o Canedo-Centro pela manhã. Dessa maneira, os veículos que retornariam ocupados em direção à Senador Canedo caso estivessem no Carrossel, são aproveitados nas linhas internas da cidade de Goiânia.

2.3.5.1 Grade dos veículos e frota necessária

A montagem da grade horária permite estipular o número de ônibus necessários para a execução plena da operação. Sempre que possível, os ônibus que concluíram a viagem em um sentido eram utilizados no outro sentido na viagem mais próxima, conforme o *headway* daquele sentido. Dessa maneira, é possível minimizar o número necessário de veículos, e garantindo o uso eficiente destes, uma vez que circulam sempre próximos à capacidade máxima.

A frota necessária é aquela utilizada para vencer a demanda no carregamento crítico, isto é, a maior demanda entre pontos na hora pico. Para isto, foi necessário o uso de 47 ônibus. Deve-se considerar também uma frota reserva, para que a operação não seja afetada por falhas, quebras, roubos ou vandalismos. Estipulou-se um quantitativo de três ônibus extras, número que corresponde a 6,4% do percentual da frota efetiva. Dessa maneira, tem-se uma frota total de 50 veículos, com a necessidade de uso de 47.

2.3.5.2 Grade dos motoristas

Através da elaboração da grade horária dos ônibus, que compreende a circulação destes veículos para a execução da operação da linha de transporte público, desenvolveu-se um planejamento detalhado para os motoristas, em consonância com a Lei do Motorista Profissional. Dada a natureza não convencional da operação, que não segue o estilo tradicional de carrossel, muitos motoristas partem do município de Senador Canedo sem ter viagens de retorno programadas. Portanto, torna-se imperativo realocá-los para outras linhas centrais, permitindo que retornem ao final do expediente. Esse retorno será viabilizado por meio de outras linhas de transporte, dado que há mais de uma opção de linha de ônibus disponível para a cidade de Senador Canedo. Dessa forma foi determinada a necessidade de 75 motoristas para assegurar a conclusão bem-sucedida da operação,

conforme pode ser observado no *Apêndice 4*.

2.4 Caracterização da Gestão

A Lei nº 13.103, de 2 de março de 2015 (2015), denominada de Lei do Motorista Profissional, visa regulamentar a jornada de trabalho e garantir condições adequadas para os motoristas, serviu como orientação para a distribuição de horários durante toda a operação no trecho. O objetivo principal é assegurar a eficiência e a segurança no transporte, respeitando os intervalos obrigatórios para descanso e o tempo de direção de cada trabalhador, beneficiando tanto motoristas quanto passageiros.

Na operação, visando sempre que possível fazer com que o motorista que mora em Goiânia consiga retornar para Goiânia, e o mesmo para que o de Senador Canedo retorne, e entendendo que a oferta em sentido de Senador para o Centro é superior ao do Centro para Senador Canedo, os motoristas que não preencherem a sua carga horária serão deslocados para outras linhas.

2.4.1 Recursos humanos

Os profissionais envolvidos na operação da linha, além dos 75 motoristas já citados, permitem o pleno funcionamento da linha e do terminal a ser implementado. É identificada a necessidade de dois supervisores, que atuarão no Centro de Controle Operacional. Também são necessários nos terminais a presença de 4 seguranças, 6 zeladores e 4 pessoas trabalhando na bilheteria, sendo todos estes profissionais disponíveis para os dois turnos, isto é, o quantitativo para cada turno é metade dos citados.

2.4.2 CAPEX

Com a estimativa do quantitativo da frota, foi possível estipular o valor de investimento inicial integral de todos veículos da operação da linha, dispostos na Tabela 7, onde se vê um gasto estimado de R$ 45.000.000,00, ao se considerar o preço de um veículo como R$ 900.000,00:

Veículos	Quantidade	Valor unitário (R$)	Total
Ônibus	50	R$ 900.000,00	R$ 45.000.000,00

Tabela 7: CAPEX

Fonte: Autores (2023)

2.4.3 OPEX

Para o cálculo de custos da operação com os recursos humanos, chegou-se aos seguintes valores, considerando o salário e os devidos encargos sociais. A Tabela 8,

abaixo, indica os valores, sendo esperado um gasto de R$ 295.025,69 mensalmente com a operação. Os salários dos profissionais foram extraídos da plataforma Salário (2023), que consolida médias salariais de referência. Para o caso dos motoristas, devido ao grande volume, utilizou-se o valor específico para o município de Goiânia. Para o salário dos seguranças, foi utilizado o observado por Marconi (2023). Os valores do serviço de limpeza estão alinhados com os elencados na plataforma Indeed (2023), enquanto os encargos sociais considerados seguiram os dispostos no Guia Trabalhista (2022).

Recursos humanos	Quantidade	Remuneração (Salário bruto)	Encargos Sociais (INSS, FGTS, Férias, 13° e outros)	Total
Motoristas	75	R$ 1.937,23	67,22%	R$ 242.957,70
Bilheteiros	4	R$ 1.541,91	67,22%	R$ 10.313,53
Supervisor de Operações	2	R$ 3.529,89	67,22%	R$ 11.805,36
Limpeza	6	R$ 1.470,00	67,22%	R$ 14.748,80
Segurança (diurno)	2	R$ 2.035,00	67,22%	R$ 6.805,85
Segurança (noturno)	2	R$ 2.510,00	67,22%	R$ 8.394,44
Custo Mensal				R$ 295.025,69

Tabela 8: OPEX

Fonte: Autores (2023)

2.5 Centro de Controle Operacional (CCO)

O CCO, localizado no novo terminal em frente ao Estádio Olímpico Pedro Ludovico Teixeira, assume um papel crucial na gestão da linha, sendo responsável pelo monitoramento em tempo real. Suas funções incluem a garantia da manutenção preventiva a fim de minimizar interrupções não planejadas, implementando protocolos para lidar com incidentes como avarias do veículo, acidentes e outras situações de emergência tendo uma resposta rápida e eficaz, responsável também pelo ajuste regular nos horários e rotas a partir do *feedback* dos passageiros e motoristas e alterações nas condições do tráfego, e avaliará o desempenho operacional por meio dos indicadores citados no tópico abaixo.

2.5.1 Indicadores de desempenho

Os indicadores de desempenho oferecem uma abordagem abrangente, de forma a avaliar e melhorar a operação da linha, garantindo eficiência, segurança e satisfação dos passageiros. A análise contínua desses indicadores permitirá ajustes estratégicos para otimizar o serviço prestado.

2.4.5.1 Taxa de ocupação do veículo

Acompanhamento da frequência com que os ônibus operam com uma quantidade de passageiros, verificando se está superior à capacidade recomendada é estabelecida. Se a taxa é superior à indicada, demonstra que a superlotação, além de causar desconforto

aos usuários e trazer risco à segurança, pode impactar também na eficiência operacional e qualidade do serviço. Se a taxa é muito baixa, a empresa estará sofrendo economicamente, causando prejuízos. A taxa poderá ser calculada seguindo a *Equação 1*:

$$Taxa\ de\ ocupação\ (\%) = \left(\frac{Número\ de\ Ocupantes}{Capacidade\ Máxima\ do\ Veículo}\right) * 100 \qquad \textbf{Equação 1}$$

2.4.5.2 Viagens Programadas e Realizadas

Comparação entre o número de viagens programadas e as efetivamente realizadas. Essa métrica proporciona insights sobre a eficiência operacional e o desempenho da linha, contribuindo para ajustes necessários. O cálculo poderá seguir a Equação 2:

$$Percentual\ de\ Viagens\ Realizadas\ (\%) = \left(\frac{Viagens\ Realizadas}{Viagens\ Programadas}\right) * 100 \qquad \textbf{Equação 2}$$

2.4.5.3 Viagens Pontuais Realizadas

Garantindo que a operação seja confiável, ocorrendo no momento esperado. Buscando comparar os horários programados com os horários reais de início e término de cada viagem na qual é fundamental já que a pontualidade afeta a satisfação do usuário. Este cálculo percentual segue na Equação 3.

$$Percentual\ de\ Viagens\ Pontuais\ Realizadas\ (\%) = \left(\frac{Viagens\ PontuaisRealizadas}{Total\ de\ Viagens\ Programadas}\right) * 100 \qquad \textbf{Equação 3}$$

2.4.5.4 Satisfação dos usuários

Mensurar e comparar os feitos que a nova rota irá impactar na vida dos passageiros, com uma escala de 5 pontos (*Likert*) variando de muito insatisfeito, insatisfeito, neutro, satisfeito e muito satisfeito. A pesquisa também deve ser realizada nas outras rotas para Senador Canedo, de maneira que a extração da média entre as rotas permita criar um critério de comparação e propor melhorias na rota deficiente.

2.4.5.5 Indicadores do novo terminal

Os indicadores de eficiência de consumo do novo terminal, para itens como energia e água, e indicadores da qualidade, como segurança, limpeza, espaço de circulação e iluminação, servirão como ferramenta para comparar devidamente com os outros terminais da Região Metropolitana. Se o comparativo com os demais terminais da Região Metropolitana mostrarem uma insuficiência destes elementos, é possível tomar medidas reparadoras para que o novo terminal esteja no mesmo patamar dos demais.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS E RESULTADOS ESPERADOS

A proposta da Linha 109 é uma alternativa para que as pessoas possam circular entre os municípios de Goiânia e Senador Canedo. O estudo de demanda foi realizado a partir da matriz O/D do ano 2000, e extrapolada para o ano de 2023, considerando-se tanto uma troca modal (*mode shift*) dos usuários de veículos e transporte a pé, como a troca de linhas (*line shift*) dos usuários do transporte coletivo de outras linhas que ligam Goiânia a Senador Canedo. A utilização da linha pode gerar impactos positivos, descritos abaixo. Além disso, seguem também alternativas da implementação, e sugestões de melhorias para a operação a ser implementada.

3.1 Resultados Sociais e Ambientais Esperados

3.1.1 Sociais

A constatada necessidade de transporte público pelos moradores da porção Oeste de Senador Canedo, que não contam com nenhuma opção de linha, ou, quando presente, requer um tempo de caminhada superior a 40 minutos, e com *headways* de uma hora, indica que uma nova linha promoveria uma maior integração social e desenvolvimento regional.

Com a presença da linha, o processo natural de conurbação entre os municípios deve se intensificar, sendo a Avenida Progresso, principal via arterial do traçado, atuante como promovedora do TOD, ou Desenvolvimento Orientado ao Transporte, do inglês.

3.1.2 Ambientais

Além dos ganhos sociais citados, espera-se que com uma alternativa de transporte coletivo, usuários migrem do transporte individual motorizado para o público, no efeito de *mode shift*, o que diminui os congestionamentos, e a poluição ambiental gerada pelo alto volume de veículos particulares.

Este ganho é potencializado com a maior quantidade de usuários do transporte público, pois a sua eficiência energética é relacionada à taxa de ocupação dos ônibus.

3.2 Alternativas e Sugestões

Uma alternativa possível para a operação é o teste da linha antes de sua implementação plena. Com isso, é possível, com uma frota menor, verificar se o nível de demanda já é satisfeito com um menor investimento. Além disso, linhas alimentadoras nas novas áreas residenciais de Senador Canedo que se interligam ao terminal podem impulsionar ainda mais o uso do transporte coletivo para a mobilidade até a capital.

A realização de outra pesquisa O/D para a Região Metropolitana de Goiânia pode

corroborar com a necessidade de criação da linha. Entretanto, dadas as projeções utilizadas que se basearam no crescimento populacional, especialmente na acentuada evolução de Senador Canedo, é esperado que a demanda projetada seja próxima à demanda real.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. E. S. 2023. Material de aula da disciplina “Projeto de Sistemas de Transportes 2”, do curso de graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal de Goiás, disponibilizado pelo professor da disciplina.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2022 - Panorama.** 2022. Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/?utm_source=ibge&utm_medium=home&utm_campaign=portal. Acesso em: 16 out. 2023.

Lei nº 13.103, de 2 de março de 2015. Dispõe sobre o exercício da profissão de motorista. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2015. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13103.htm>. Acesso em: 20 de novembro. 2023.

COELHO FILHO, L. E.; GUIMARÃES, M. A. **Qualidade do transporte público da Região Metropolitana de Goiânia: uma avaliação a partir da percepção dos usuários e não usuários do sistema.** Monografia (Engenharia Civil), Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás. Goiás, p. 73, 2018).

Diário do Transporte. **Mercedes-Benz lança padron de 14 metros para até 100 passageiros**. 2021. Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2021/03/17/mercedes-benz-lanca-chassi-padron/>. Acesso em: 19 de novembro. 2023.

FERRONATTO, L. G. **ANÁLISE DE CAPACIDADE DE TERMINAIS URBANOS DE ÔNIBUS: METODOLOGIA ADAPTADA**. Empresa Pública de Transporte e Circulação. Porto Alegre, 2005. Disponível em: <http://www.redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/articulos-cientificos/2005-1/172-capacidade-terminaison-anpet2005/file#:~:text=Os%20tempos%20m%C3%A9dios%20para%20embarque,paga%20no%20interior%20do%20ve%C3%ADculo>. Acesso em: 18 nov. 2023.

Guia trabalhista. **CÁLCULOS DE ENCARGOS SOCIAIS E TRABALHISTAS**. 2022. Disponível em: <https://www.guiatrabalhista.com.br/tematicas/custostrabalhistas.htm>. Acesso em: 18 de novembro. 2023.

Indeed. **441 vagas de emprego disponíveis hoje**. **2023 para Limpeza De** Ônibus. Disponível em: <https://br.indeed.com/q-limpeza-de-onibus-vagas.html?vjk=b389c928beb5aa53>. Acesso em: 18 de novembro. 2023.

MARCONI, P. **CMTU vai contratar vigias para o Terminal Rodoviário de Londrina** - 2023. Folha de Londrina. Disponível em: <https://www.folhadelondrina.com.br/cidades/cmtu-vai-contratar-vigias-para-o-terminal-rodoviario-de-londrina-3233257e.html?d=1>. Acesso em: 22 de novembro. 2023.

QUEIROZ, R. **MERCEDES-BENZ SUPER PADRON O 500 R 1830 4X2 - MTED.** 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NxVj-BRxEOs>. Acesso em: 18 nov. 2023.

Salário. 2023. **Quanto ganha um Motorista de Ônibus Urbano 2023**. Disponível em: <https://www.salario.com.br/profissao/motorista-de-onibus-urbano-cbo-782410/goiania-go/#google_vignette>. **Bilheteiro de Transportes Coletivos: piso salarial** - Pesquise Salários, Mercado de Trabalho e Média Salarial. Disponível em: <https://www.salario.com.br/profissao/bilheteiro-de-transportes-coletivos-cbo-421110/>. **Supervisor de Transportes: piso salarial**. Pesquise Salários, Mercado de Trabalho e Média Salarial. Disponível em: <https://www.salario.com.br/profissao/supervisor-de-transportes-cbo-510105/>. Acesso em: 18 de novembro. 2023.

Apêndice 1: Itinerário Linha 109 – Sentido Setor Central → Senador Canedo

D01 – Setor Central

- ***Estádio Olímpico***
- Av. Paranaíba
- Av. Anhanguera

D53 – Setor Leste Universitário

- Av. Anhanguera
- ***Terminal Praça da Bíblia***
- R. 261
- 11ª Av.
- 5ª Av.
- 1ª Av.
- 12ª Av.

D54– Jardim Goiás

- Av. Fued José Sebba
- ***PUC Goiás Câmpus V***
- Av. Fued José Sebba
- Av. Olinda

D56 – Setor Água Branca

- Av. Olinda
- ***Shopping Lozandes***
- Av. Olinda
- Av. F

D57 – Bairro Jardim Brasil

- Av. Gameleira
- ***Ponto 05475***
- Av. Gameleira
- R. Gameleira
- R. Joaquim Nicolau

D73 – Senador Canedo

- Av. Progresso
- R. das Dálias
- Av. Progresso
- Av. Aroeira
- Av. Dom Emanuel
- ***Terminal Osvaldo Augustinho Cardoso***

Apêndice 2: Itinerário Linha 109 – Sentido Senador Canedo → Setor Central

D73 – Senador Canedo

- ***Terminal Osvaldo Augustinho Cardoso***
- R. 23
- Av. Dom Emanuel
- Av. Aroeira
- Av. Progresso
- R. das Dálias
- Av. Progresso

D57 – Bairro Jardim Brasil

- R. Joaquim Nicolau
- R. Gameleira
- Av. Gameleira
- ***Ponto 05475***
- Av. Gameleira

D56 – Setor Água Branca

- Av. F
- Av. Olinda
- ***Shopping Lozandes***
- Av. Olinda

D54 – Jardim Goiás

- Av. Olinda
- Av. Fued José Sebba
- ***Companhia de Saneamento de Goiás****
- Av. Fued José Sebba

D53 – Setor Leste Universitário

- 9ª Av.
- 1ª Av.
- 5ª Av.
- 11ª Av.
- R. 261
- R. 256
- Av. Anhanguera
- ***Terminal Praça da Bíblia***
- Av. Anhanguera

D01 – Setor Central

- Av. Anhanguera
- Av. Paranaíba
- ***Estádio Olímpico***

Apêndice 3: Grade Horária dos Veículos (Pico Manhã)

GRADE HORÁRIA DOS VEÍCULOS (PICO MANHÃ)

	Headway Pico Manhã (hh:mm:ss)	Tempo de viagem Pico Manhã (hh:mm:ss)
Canedo-Centro	00:03:45	01:02:40
Centro-Canedo	00:30:00	01:01:40

Nº Ônibus	Sentido	Hora de Partida	Hora de Chegada
1	Canedo-Centro	06:00:00	07:02:40
2	Canedo-Centro	06:03:45	07:06:25
3	Canedo-Centro	06:07:30	07:10:10
4	Canedo-Centro	06:11:15	07:13:55
5	Canedo-Centro	06:15:00	07:17:40
6	Canedo-Centro	06:18:45	07:21:25
7	Canedo-Centro	06:22:30	07:25:10
8	Canedo-Centro	06:26:15	07:28:55
9	Canedo-Centro	06:30:00	07:32:40
10	Canedo-Centro	06:33:45	07:36:25
11	Canedo-Centro	06:37:30	07:40:10
12	Canedo-Centro	06:41:15	07:43:55
13	Canedo-Centro	06:45:00	07:47:40
14	Canedo-Centro	06:48:45	07:51:25
15	Canedo-Centro	06:52:30	07:55:10
16	Canedo-Centro	06:56:15	07:58:55
17	Canedo-Centro	07:00:00	08:02:40
18	Canedo-Centro	07:03:45	08:06:25
19	Canedo-Centro	07:07:30	08:10:10
20	Canedo-Centro	07:11:15	08:13:55
21	Canedo-Centro	07:15:00	08:17:40
22	Canedo-Centro	07:18:45	08:21:25
23	Canedo-Centro	07:22:30	08:25:10
24	Canedo-Centro	07:26:15	08:28:55

Nº Ônibus	Sentido	Hora de Partida	Hora de Chegada
25	Canedo-Centro	07:30:00	08:32:40
26	Canedo-Centro	07:33:45	08:36:25
27	Canedo-Centro	07:37:30	08:40:10
28	Canedo-Centro	07:41:15	08:43:55
29	Canedo-Centro	07:45:00	08:47:40
30	Canedo-Centro	07:48:45	08:51:25
31	Canedo-Centro	07:52:30	08:55:10
32	Canedo-Centro	07:56:15	08:58:55
33	Canedo-Centro	08:00:00	09:02:40
34	Canedo-Centro	08:03:45	09:06:25
35	Canedo-Centro	08:07:30	09:10:10
36	Canedo-Centro	08:11:15	09:13:55
37	Canedo-Centro	08:15:00	09:17:40
38	Canedo-Centro	08:18:45	09:21:25
39	Canedo-Centro	08:22:30	09:25:10
40	Canedo-Centro	08:26:15	09:28:55
41	Canedo-Centro	08:30:00	09:32:40
1	Canedo-Centro	08:33:45	09:36:25
42	Canedo-Centro	08:37:30	09:40:10
43	Canedo-Centro	08:41:15	09:43:55
44	Canedo-Centro	08:45:00	09:47:40
45	Canedo-Centro	08:48:45	09:51:25
46	Canedo-Centro	08:52:30	09:55:10
47	Canedo-Centro	08:56:15	09:58:55

Nº Ônibus	Sentido	Hora de Partida	Hora de Chegada
18	Centro-Canedo	06:00:00	07:01:40
26	Centro-Canedo	06:30:00	07:31:40
34	Centro-Canedo	07:00:00	08:01:40
1	Centro-Canedo	07:30:00	08:31:40
2	Centro-Canedo	08:00:00	09:01:40
3	Centro-Canedo	08:30:00	09:31:40

Apêndice 4: Grade Horária de toda Operação Comercial e a alocação dos Motoristas

Nº Ônibus	Sentido	Hora de Partida	Hora de Chegada	Nº Motorista
1	Canedo-Centro	6:00:00	7:02:40	4
2	Canedo-Centro	6:03:45	7:06:25	5
3	Canedo-Centro	6:07:30	7:10:10	7
4	Canedo-Centro	6:11:15	7:13:55	8
5	Canedo-Centro	6:15:00	7:17:40	9
6	Canedo-Centro	6:18:45	7:21:25	10
7	Canedo-Centro	6:22:30	7:25:10	11
8	Canedo-Centro	6:26:15	7:28:55	2
9	Canedo-Centro	6:30:00	7:32:40	12
10	Canedo-Centro	6:33:45	7:36:25	13
11	Canedo-Centro	6:37:30	7:40:10	14
12	Canedo-Centro	6:41:15	7:43:55	15
13	Canedo-Centro	6:45:00	7:47:40	16
14	Canedo-Centro	6:48:45	7:51:25	17
15	Canedo-Centro	6:52:30	7:55:10	18
16	Canedo-Centro	6:56:15	7:58:55	3
17	Canedo-Centro	7:00:00	8:02:40	19
18	Canedo-Centro	7:03:45	8:06:25	20
19	Canedo-Centro	7:07:30	8:10:10	21
20	Canedo-Centro	7:11:15	8:13:55	22
21	Canedo-Centro	7:15:00	8:17:40	23
22	Canedo-Centro	7:18:45	8:21:25	24
23	Canedo-Centro	7:22:30	8:25:10	25
24	Canedo-Centro	7:26:15	8:28:55	6
25	Canedo-Centro	7:30:00	8:32:40	28
26	Canedo-Centro	7:33:45	8:36:25	26
27	Canedo-Centro	7:37:30	8:40:10	51
28	Canedo-Centro	7:41:15	8:43:55	52
29	Canedo-Centro	7:45:00	8:47:40	53
30	Canedo-Centro	7:48:45	8:51:25	54
31	Canedo-Centro	7:52:30	8:55:10	55
32	Canedo-Centro	7:56:15	8:58:55	1
33	Canedo-Centro	8:00:00	9:02:40	56
34	Canedo-Centro	8:03:45	9:06:25	57
35	Canedo-Centro	8:07:30	9:10:10	58
36	Canedo-Centro	8:11:15	9:13:55	59
37	Canedo-Centro	8:15:00	9:17:40	60
38	Canedo-Centro	8:18:45	9:21:25	61
39	Canedo-Centro	8:22:30	9:25:10	62
40	Canedo-Centro	8:26:15	9:28:55	63
41	Canedo-Centro	8:30:00	9:32:40	64
1	Canedo-Centro	8:33:45	9:36:25	65

Nº Ônibus	Sentido	Hora de Partida	Hora de Chegada	Nº Motorista
18	Centro-Canedo	6:00:00	7:01:40	20
26	Centro-Canedo	6:30:00	7:31:40	26
34	Centro-Canedo	7:00:00	8:01:40	27
1	Centro-Canedo	7:30:00	8:31:40	2
2	Centro-Canedo	8:00:00	9:01:40	3
3	Centro-Canedo	8:30:00	9:31:40	6
18	Centro-Canedo	9:00:00	10:00:00	1
26	Centro-Canedo	9:40:00	10:40:00	3
34	Centro-Canedo	10:20:00	11:20:00	2
1	Centro-Canedo	11:00:00	12:00:00	1
18	Centro-Canedo	11:40:00	12:40:00	5
26	Centro-Canedo	12:20:00	13:20:00	7
34	Centro-Canedo	13:00:00	14:00:00	4
2	Centro-Canedo	13:40:00	14:40:00	3
18	Centro-Canedo	14:20:00	15:20:00	2
26	Centro-Canedo	15:00:00	16:00:00	1
34	Centro-Canedo	15:40:00	16:40:00	29
5	Centro-Canedo	16:00:00	17:03:30	30
6	Centro-Canedo	16:08:30	17:12:00	45
7	Centro-Canedo	16:17:00	17:20:30	41
8	Centro-Canedo	16:25:30	17:29:00	35
18	Centro-Canedo	16:34:00	17:37:30	44
1	Centro-Canedo	16:42:30	17:46:00	31
13	Centro-Canedo	16:51:00	17:54:30	40
14	Centro-Canedo	16:59:30	18:03:00	43
2	Centro-Canedo	17:08:00	18:11:30	39
26	Centro-Canedo	17:16:30	18:20:00	34
15	Centro-Canedo	17:25:00	18:28:30	38
10	Centro-Canedo	17:33:30	18:37:00	46
16	Centro-Canedo	17:42:00	18:45:30	33
17	Centro-Canedo	17:50:30	18:54:00	32
34	Centro-Canedo	17:59:00	19:02:30	47
12	Centro-Canedo	18:07:30	19:11:00	48
5	Centro-Canedo	18:16:00	19:19:30	30
11	Centro-Canedo	18:24:30	19:28:00	42
6	Centro-Canedo	18:33:00	19:36:30	49
19	Centro-Canedo	18:41:30	19:45:00	50
7	Centro-Canedo	18:50:00	19:53:30	35
18	Centro-Canedo	19:00:00	20:00:00	31
8	Centro-Canedo	19:30:00	20:30:00	34
2	Centro-Canedo	20:00:00	21:00:00	33
26	Centro-Canedo	20:30:00	21:30:00	32

42	Canedo-Centro	8:37:30	9:40:10	66
43	Canedo-Centro	8:41:15	9:43:55	29
44	Canedo-Centro	8:45:00	9:47:40	67
45	Canedo-Centro	8:48:45	9:51:25	68
46	Canedo-Centro	8:52:30	9:55:10	69
47	Canedo-Centro	8:56:15	9:58:55	70
5	Canedo-Centro	9:00:00	10:00:00	2
2	Canedo-Centro	9:30:00	10:30:00	3
3	Canedo-Centro	10:00:00	11:00:00	1
18	Canedo-Centro	10:30:00	11:30:00	71
26	Canedo-Centro	11:00:00	12:00:00	72
34	Canedo-Centro	11:30:00	12:30:00	73
6	Canedo-Centro	12:00:00	13:00:00	74
1	Canedo-Centro	12:30:00	13:30:00	3
18	Canedo-Centro	13:00:00	14:00:00	2
26	Canedo-Centro	13:30:00	14:30:00	75
7	Canedo-Centro	14:00:00	15:00:00	1
34	Canedo-Centro	14:30:00	15:30:00	45
8	Canedo-Centro	15:00:00	16:00:00	30
18	Canedo-Centro	15:30:00	16:30:00	31
2	Canedo-Centro	16:00:00	17:03:00	35
26	Canedo-Centro	16:12:00	17:15:00	34
10	Canedo-Centro	16:24:00	17:27:00	33
11	Canedo-Centro	16:36:00	17:39:00	32
34	Canedo-Centro	16:48:00	17:51:00	42
12	Canedo-Centro	17:00:00	18:03:00	43
5	Canedo-Centro	17:12:00	18:15:00	30
6	Canedo-Centro	17:24:00	18:27:00	41
7	Canedo-Centro	17:36:00	18:39:00	35
18	Canedo-Centro	17:48:00	18:51:00	31
8	Canedo-Centro	18:00:00	19:03:00	40
2	Canedo-Centro	18:12:00	19:15:00	39
26	Canedo-Centro	18:24:00	19:27:00	34
1	Canedo-Centro	18:36:00	19:39:00	38
10	Canedo-Centro	18:48:00	19:51:00	33
15	Canedo-Centro	19:00:00	20:00:00	32
10	Canedo-Centro	19:40:00	20:40:00	30
16	Canedo-Centro	20:20:00	21:20:00	31
17	Canedo-Centro	21:00:00	22:00:00	36
26	Canedo-Centro	21:40:00	22:40:00	37

15	Centro-Canedo	21:00:00	22:00:00	30
10	Centro-Canedo	21:30:00	22:30:00	31

CAPÍTULO 3

DIVERGING DIAMOND INTERCHANGE – DDI – COMO ALTERNATIVA PARA A REDUÇÃO DE CONFLITOS DE TRÁFEGO EM INTERSEÇÕES EM DESNÍVEL

Data de submissão: 05/12/2023 *Data de aceite: 22/12/2023*

Rone Evaldo Barbosa
Universidade Estadual de Goiás / Ministério dos Transportes / Infra S.A., Brasília, Distrito Federal, Brasil
http://lattes.cnpq.br/5991735511068871

Alexandre Garcês de Araújo
Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Goiás, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/3321527696885052

Antonio José Rodriguez de Mattos Gobbo
Universidade de Brasília / Via Urbana / GPO, Brasília, Distrito Federal, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/5267624629862498

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo apresentar a *Diverging Diamond Interchange* - DDI como alternativa para a redução de conflitos de tráfego em interseções semaforizadas em desnível. Para tanto, são apresentados inicialmente os diversos tipos de interseções em nível e desnível. As características físicas e operacionais da DDI são descritas e analisadas comparativamente com outros tipos de interseções em desnível, destacando-se as suas vantagens em termos de custos e benefícios operacionais.

PALAVRAS-CHAVE: DDI; Interseção Viária; Interseção Diamante; Semáforo.

ABSTRACT: This work aims to present Diverging Diamond Interchange - DDI as an alternative to reduce traffic conflicts at unlevel signalized intersections. For this, are initially presented the various types of intersections on level and unlevel. The physical and operational characteristics of DDI are described and analyzed in comparison with other types of unlevel intersections, highlighting its advantages in terms of cost and operational benefits.

KEYWORDS*:* DDI; Road Intersection; Diamond Intersection; Semaphore.

1 I INTRODUÇÃO

Interseção viária é a área onde a corrente principal de uma rodovia ou rua é interceptada pelos veículos provenientes de outras rodovias ou de outras ruas. As interseções têm por objetivos garantir segurança e escoamento do tráfego e evitar ou reduzir pontos de conflitos.

Neste trabalho são apresentados inicialmente os diversos tipos de

interseções e alguns conceitos fundamentais. É apresentada a seguir uma análise das interseções tipo *Diverging Diamond Interchange - DDI* como alternativa para a redução de conflitos de tráfego em interseções em desnível com alto volume de tráfego. A DDI também é referenciada na literatura técnica como *Double Crossover Diamond Interchange – DCD.*

1.1 Objetivo Geral

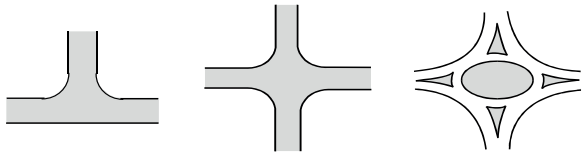
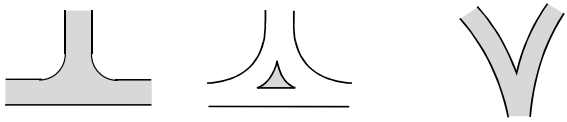
- Apresentar a DDI como alternativa para a redução de conflitos de tráfego em interseções semaforizadas em desnível.

1.2 Objetivos Específicos

- Classificar os diversos tipos de interseções;
- Apresentar as principais características da DDI;
- Fazer análise comparativa entre a DDI e outras interseções em desnível.

2 I TIPOS DE INTERSEÇÕES

As interseções podem ser classificadas como (a) interseções em nível, que são aquelas nas quais e; (b) interseções em desnível, que são aquelas nas quais as vias ou ramos se interceptam em cotas diferentes. A Figura 1 mostra os tipos de interseções em nível.

Interseções em Nível	 **Entroncamento** **Cruzamento** **Rotatória**
Entroncamentos	 **Em "T" para ângulos entre 75º e 105º** **Em "Y" para ângulos menores que 75º**

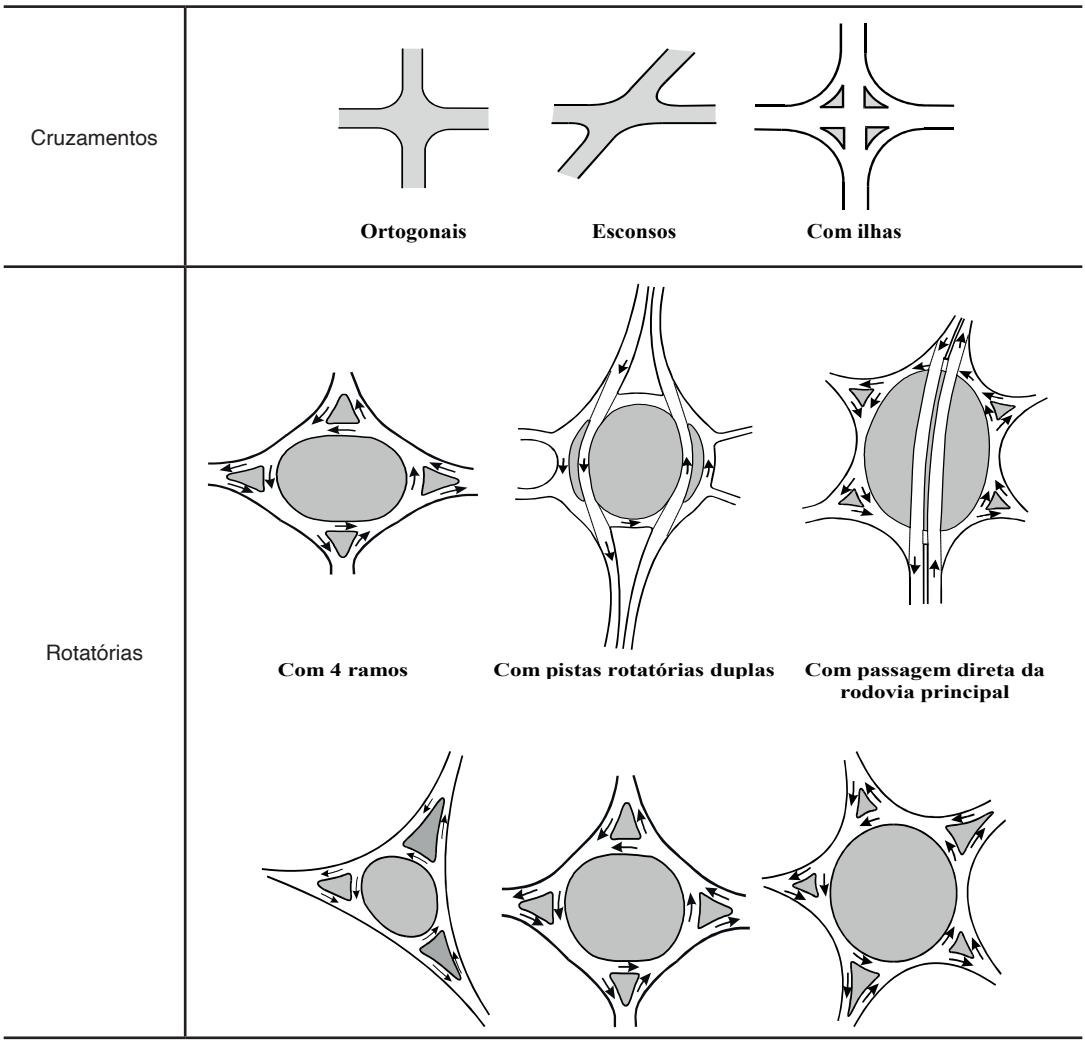
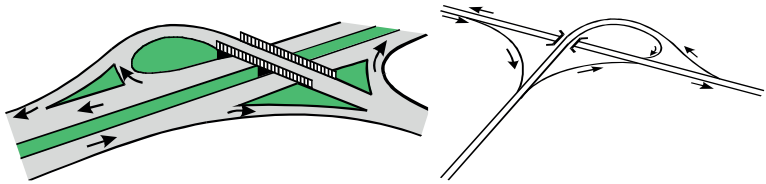
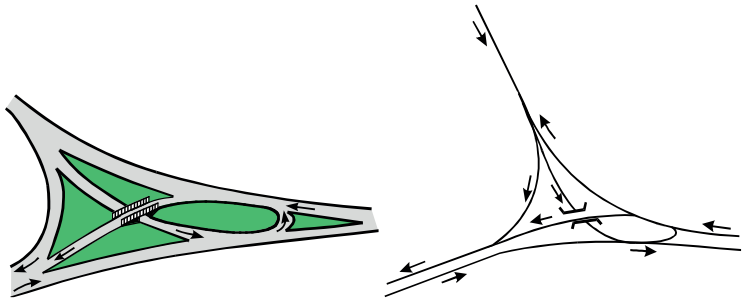
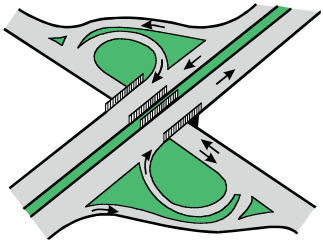
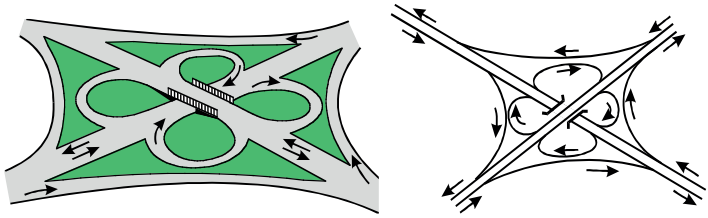
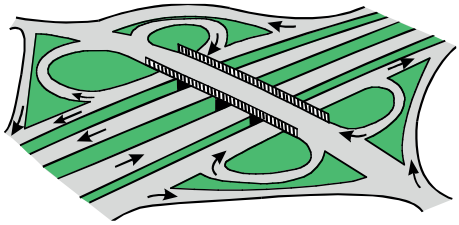


Figura 1: Tipos de interseções em nível (Fernandes Jr., 1998 ***apud*** Barbosa, 2011).

As interseções em desnível são dos seguintes tipos: “T” ou Trombeta (ou trompete); “Y”; Trevo Parcial; Trevo Completo; Trevo Rotatório; Direcional ou; Losangular ou Diamante (Figuras 2a e 2b).

Tipo de Interseção em Desnível	Interseção
“T” ou Trombeta (ou Trompete)	
“Y”	
Trevo Parcial (2 folhas)	
Trevo Completo	
Trevo Completo com Vias Marginais de Acesso Local	

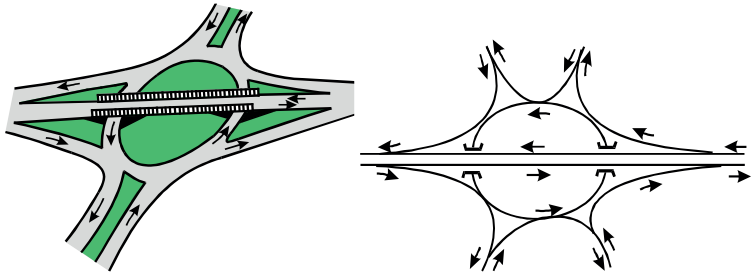
Trevo Rotatório	

Figura 2a: Tipos de interseções em desnível (Fernandes Jr., 1998 ***apud*** Barbosa, 2011).

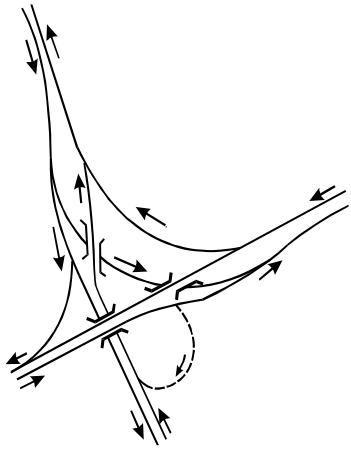
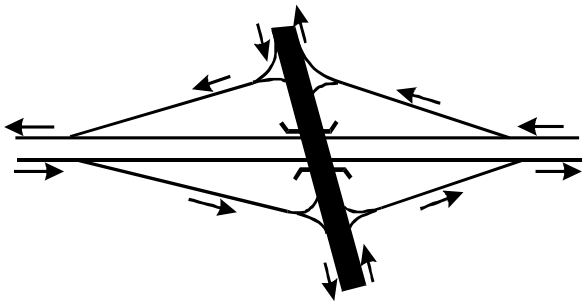
Tipo de Interseção em Desnível	**Interseção**
Trevo Direcional	
Trevo Losangular ou **Diamante**	

Figura 2b: Tipos de interseções em desnível (Fernandes Jr., 1998 ***apud*** Barbosa, 2011).

A interseção diamante tradicional possui a configuração de fluxos disposta na figura 2b. A seguir são apresentadas as características das interseções tipo DDI.

3 I DIVERGING DIAMOND INTERCHANGE - DDI

Também conhecida como *Double Crossover Diamond Interchange – DCD*, a *Diverging Diamond Interchange – DDI* é um modelo de interseção baseado no tipo “Diamante” com

algumas diferenças na distribuição dos fluxos e controle operacional. Consiste em facilitar as operações de conversão à esquerda, minimizando os pontos de conflito, quantitativa e qualitativamente.

De acordo com Siromaskul (2012) a *Diverging Diamond Interchange* (DDI) começou como um novo conceito implantado originalmente na Europa e está rapidamente se tornando mais comum, principalmente com os Departamentos de Transportes (DOT) dos Estados Unidos, buscando oferecer uma capacidade extra, reduzindo significativamente o espaço e muitas vezes o custo necessário para a implementação.

O conceito DDI baseia-se num padrão de interseção tipo diamante, com uma mudança no cruzamento do tráfego na interseção. Através de tráfego nos caminhos invertidos (*crossroad*) nos dois sentidos, onde o tráfego da via é deslocado para o lado esquerdo do tráfego próximo, entre as rampas, permitindo movimentos de conversão à esquerda sem cruzar tráfego circulante. Tal situação resulta em menos fases nos semáforos e maior capacidade da interseção. A figura 3 apresenta a direção do fluxo principal em um dos sentidos de circulação e a locação dos grupos semafóricos. Conforme o volume de tráfego, o repetidor localizado no acesso a partir da *freeway* para a via secundária à esquerda (destacado em verde) é dispensável. Contudo, se o este movimento for significativo será interessante colocá-lo para facilitar a travessia e garantir a segurança de pedestres.

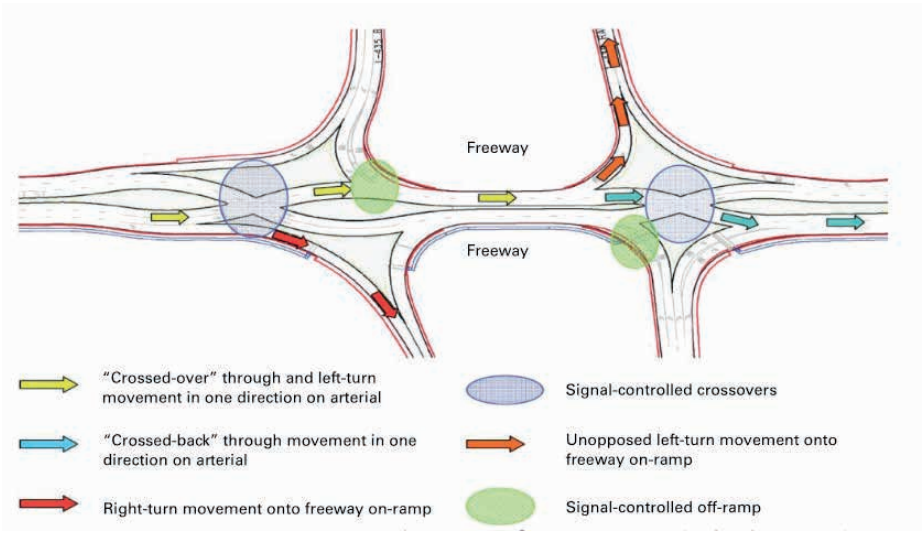


Figura 3: Movimentos e locação de semáforos na DDI (MODOT, 2011)

Os primeiros estudos identificados sobre DDI datam de abril de 2003 e foram realizados em Maryland por Gilbert Chlewicki (2003). Nos Estados Unidos, a primeira DDI foi concluída em julho de 2009, em Springfield, MO, no cruzamento da Rota 13 e I-44 (Figura 4). Vários outros projetos foram implantados posteriormente, incluindo o cruzamento da I-435 e Front Street, em Kansas City, Missouri.

Figura 4: Primeira DDI construída nos Estados Unidos (MODOT, 2013).

3.1 Projeto Geométrico

Os principais elementos do projeto geométrico de uma DDI são:

- Conversão à esquerda através de movimentos são relocados para o lado oposto da via sobre a estrutura do viaduto;
- Raios de curvatura utilizados na junção de cruzamentos estão tipicamente entre 50 e 100 metros;
- A largura média é aumentada para permitir que a transposição necessária para curvas reversas nas aproximações da interseção;
- O ângulo de inclinação entre as direções de interseção será mais próximo de perpendicular, quando possível;
- As faixas de fluxo sobre o viaduto são colocadas a montante da interseção para permitir que os movimentos de retorno na via arterial sejam livres.
- As passagens de pedestres são alocadas por meio da instalação de faixas e sinalização nos cruzamentos da interseção;
- O semáforo de duas fases é mais eficiente para pedestres, mas exige a travessia do cruzamento em dois estágios com a ilha central, que serve como um refúgio entre as fases do semáforo.

A Figura 5 mostra o diagrama de fluxo de veículos na DDI, onde os pontos de travessia de pedestres são destacados.

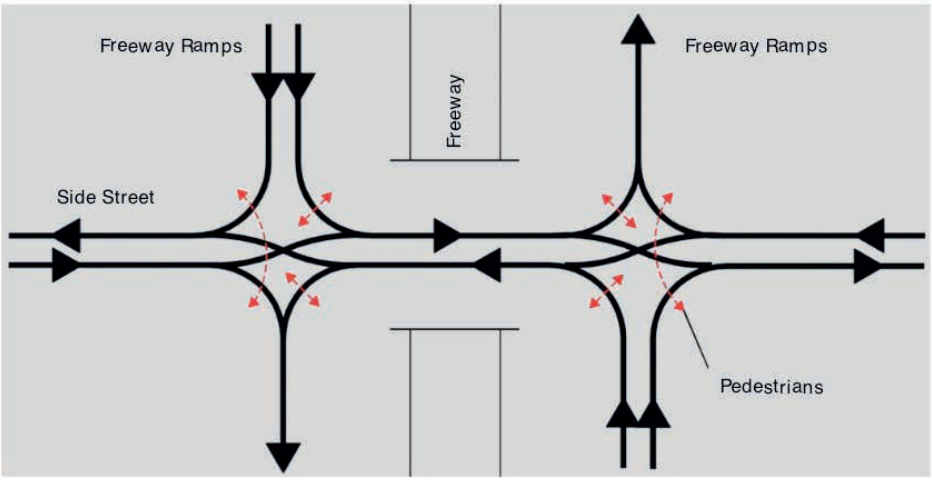


Figura 5: Pontos de travessia de pedestres na DDI (MODOT, 2013).

Os semáforos permitem uma travessia segura para os pedestres e a própria configuração geométrica da interseção e do fluxo no sentido invertido criam áreas de refúgio e proteção para o pedestre, conforme mostrado na figura 6.

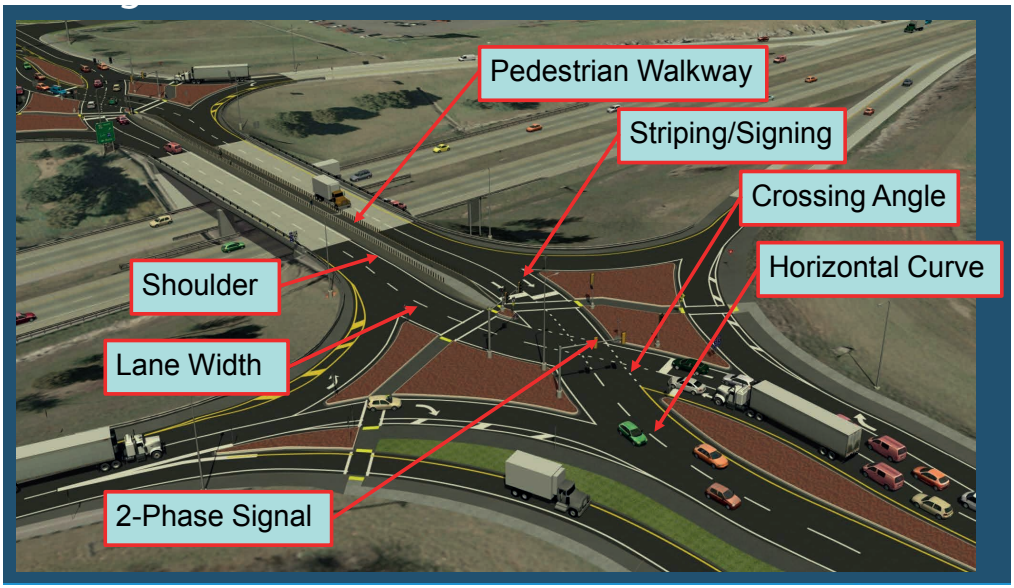


Figura 6: Caracterização da sinalização e áreas de travessia de pedestres na DDI (MODOT, 2013).

Note-se que a área entre os fluxos opostos sobre a ponte também se constitui em uma passarela de pedestres segura, em nível, protegida por barreiras de concreto.

3.2 Aplicabilidade

Quanto à sua aplicabilidade, observa-se que a DDI é recomendada para as seguintes condições de projeto:

- Elevados volumes de conversão à esquerda nos acesso da Freeway;
- Fluxo moderado e desequilibrado de volumes na ponte, nas aproximações da via arterial;
- Moderado a muito pesados fluxos de conversão à esquerda nas coletoras;
- Limitada disponibilidade de largura da plataforma da ponte/viaduto.

3.3 Segurança

De um modo geral, pode-se afirmar que a DDI é mais segura que a interseção diamente tradicional, pois tem apenas 16 pontos de conflito e dois pontos de cruzamento, em comparação a uma interseção diamante convencional, que tem 26 pontos de conflito, dentre os quais 10 são de cruzamento.

O Departamento de Transporte Missouri (MDOT, 2013) notou que a DDI também resulta em medida moderadora de tráfego, pois suas características reduzem a velocidade, mesmo aumentando a capacidade da interseção. A circulação cruzada e a disposição do fluxo em duas curvas reversas obrigam o condutor a reduzir a velocidade. Esta configuração resulta em menos acidentes e acidentes menos graves do que em um cruzamento convencional. Eles também observaram que as distâncias mais curtas nos acessos, comparado a uma interseção diamante convencional pode resultar em redução de tempos de exposição de veículos na interseção.

Outra característica notável de uma DDI é que movimentos irregulares são eliminados, pois o fluxo de veículos é realizado pelo menor caminho para o caso dos retornos. A operação pela contramão de direção teria que ser realizada transpondo-se canteiros ou ilhas centrais, além de ser realizada por caminhos mais longos, o que não torna esta operação atrativa para o usuário da via.

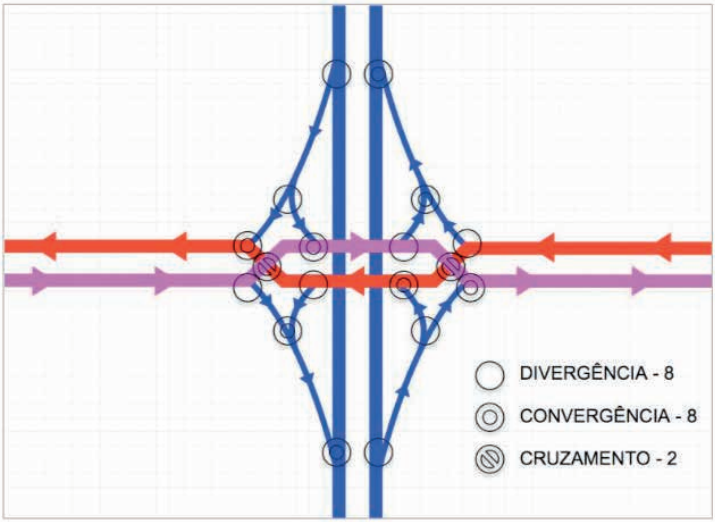


Figura 6: Pontos de conflito na DDI.

A tabela 1 mostra uma análise comparativa do número de pontos de conflito entre a DDI e as interseções tipo diamante tradicional, trevo completo e trevo rotatório. Os demais tipos foram excluídos desta análise por não permitirem movimentos em todas as direções.

Tipo	Diverging Diamond (DDI)	Standard Diamond (tradicional)	Trevo Completo	Trevo Rotatório
Divergência	8	8	8	4
Convergência	8	8	8	6
Cruzamento ou entrelaçamento	2	10	2	4
Total	**18**	**26**	**18**	**14**

Tabela 1: Comparação de pontos de conflito entre a interseção DDI e outras interseções em desnível.

Note-se a partir dos dados da tabela 1 que há uma redução significativa dos pontos de cruzamento, que são os que provocam maior número de acidentes graves, quando se compara a DDI com a diamante tradicional e o trevo rotatório, sendo mantido o mesmo número quando comparado ao trevo completo. Contudo, o cruzamento que ocorre no trevo completo é do tipo entrelaçamento, que geralmente resulta em grande quantidade de acidentes.

Quanto às características físicas, a DDI ocupará o mesmo espaço da diamante tradicional, podendo reduzi-lo, visto que os espaços destinados a travessias de pedestres são aqueles já destinados à separação ou segregação do fluxo de veículos. A DDI ocupa em média a mesma área que um trevo tradicional, enquanto o trevo rotatório demanda maior espaço devido à necessidade de grandes raios para a ilha central, além de requerer

estruturas maiores de pontes. De um modo geral, a DDI reduz espaços e, consequentemente, os custos de implantação.

Do ponto de vista operacional, a DDI é melhor que os demais tipos de interseção para grandes volumes de conversões à esquerda, que são realizados nas alças de acesso do trevo tradicional ou no fluxo circulante do trevo rotatório. Nos dois últimos casos há de se considerar que tais movimentos são conflitantes com fluxos preferenciais (tipo "pare" ou "dê a preferencia"), o que limita a capacidade destes acessos por depender de um *gap* (ou brecha) para o ingresso no fluxo principal.

Chlewicki (2010) realizou uma análise comparativa das características operacionais da interseção diamante tradicional e a DDI. Estes dados são apresentados na tabela 2.

Tipo	Standard Diamond (tradicional)	Diverging Diamond (DDI)
Utilização da capacidade da interseção (%)	65,2%	39,7%
Espera média por veículo (seg.)	21,1	5,0
Número de semáforos	2	2
Número de fases nos semáforos	4 ou mais	2

Tabela 2: Comparação das características operacionais entre a interseção diamante tradicional e a DDI.

Fonte: Chlewicki (2010).

Comparando-se a DDI com o modelo diamante tradicional, nota-se que há um ganho significativo de utilização da capacidade da interseção, tornando-a mais eficiente. O tempo de espera média por veículo é reduzido em mais de 4 vezes e as fazes dos semáforos são reduzidas 4 ou mais para apenas 2 fases.

A tabela 3 apresenta uma comparação de custos de interseções tipo DDI com outras alternativas avaliadas para a implantação em rodovias nos Estados Unidos (Chlewicki, 2010).

Interchange	Location	DDI Cost (real or estimated)	Alternative Design Cost	Cost Savings
I-44 / Route 13	Springfield, Missoure	$3.2 Million	Over $10 Million	About 70%
I-435 / Front St	Kansas City, Missoure	$6.7 Million	Diamond $11.4 Million SPUI $25 Million	About 75%
SR-265 / SR-62	Utica, Indiana	$52 Million	$118 Million	$66 Million
I-590 / Winton Rd	Brighton, Ney York	$3-4 Million	Triple Left Diamond $13.6 Million	About 75%

Tabela 3: Comparação de custos entre a DDI e outras alternativas de projeto (Chlewicki, 2010).

4 I CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as informações e análise aqui apresentados, pode-se afirmar que

a DDI oferece vantagens sobre projetos convencionais de interseções diamante com a sua operação em duas fases. Apresenta ainda vantagens quando comparada ao trevo completo ou trevo rotatório.

Estrutura do viaduto pode ser mais estreita, ocupando menos espaço e, consequentemente, apresenta menor custo de implantação. Considerando-se a maior eficiência operacional, este custo também será reduzido, representando o ganho significativo com o tempo.

Dentre os benefícios operacionais, a DDI melhora a eficiência do conjunto semafórico, reduz os pontos de conflito, aumenta a capacidade da interseção, reduz atraso veicular, diminuiu a velocidade de transposição e, como os veículos passam menos tempo parados com motores ligados, reduz os impactos ambientais resultantes das emissões veiculares.

É importante destacar que a DDI não é a solução para todos os conflitos de tráfego ou qualquer situação onde seja necessária a transposição em desnível. Deverão ser avaliados todos os aspectos físicos e operacionais da situação atual e comparar com outras alternativas de projeto, inclusive em termos de custos de implantação e custos operacionais. Recomenda-se utilizar microssimulações de tráfego para melhor visualização, análise e seleção de alternativas.

Os benefícios aqui destacados demonstram uma grande possibilidade de utilização desse dispositivo para a redução dos pontos de conflito, bem como as melhorias operacionais da interseção. Assim, é necessário a disseminação do modelo *Diverging Diamond Interchange*, para que os órgãos responsáveis pela infraestrutura viária possam adotá-la como alternativa de projeto.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, R. E. **Engenharia de Tráfego – Notas de Aula**. Anápolis/GO: UnUCET/UEG - Universidade Estadual de Goiás, 2011.

BARED, J.G.; EDARA, P.K.; JAGANNATHAN, R. (2005). ***Design and Operational Performance of Double Crossover Intersection and Diverging Diamond Interchange***. Transportation Research Record, TRR No. 1912. Washington, DC: Transportation Research Board, 2005.

BARED, J.G. Drivers' ***Evaluation of the Diverging Diamond Interchange***. Federal Highway Administration Tech Brief. McLean, VA, 2007.

FHWA – Federal Highway Administration. Publication No.: FHWA-HRT-09-054. ***Technical summary of the Federal Highway Administration report, Alternative Intersections/Interchanges***: Information Report (AIIR) (FHWA-HRT-09-060). Washington/DC: FHWA, 2009.

CHLEWICKI, G. ***New Interchange and Intersection Designs: The Syncronized Split-Phasing Intersection and the Diverging Diamond Interchange***. 2nd Urban Street Symposium: Uptown, Downtown, or Small Town: Designing Urban Streets That Work, Anaheim, CA, 2003.

CHLEWICKI, G. ***Operational Effects of the Diverging Diamond Interchange***. 89th Transportation Research Board Annual Meeting DVD, Washington DC, 2010.

DARWIN, L. YASIS, P.E. ***Diverging Diamond Interchange in Minnesota - An unconventional approach to a growing congestion problem***. MnDOT State Geometrics Engineer. ACEC Conference March 1, 2011.

FERNANDES Júnior, J. L.; Oda, S. (1998). **Interseções Rodoviárias – Notas de Aula**. STT/EESC/USP.

EESC/USP; *apud* BARBOSA, R. E. (2011) **Engenharia de Tráfego – Notas de Aula**. Anápolis/GO: UnUCET/UEG - Universidade Estadual de Goiás.

MODOT - Missouri Department of Transportation. ***Missouri's Experience with a Diverging Diamond Interchange - Lessons Learned***. Missouri Department of Transportation - Organizational Results - PO Box 270. Jefferson City MO: MODOT, 2010.

SIROMASKUL, S. ***Diverging Diamond Interchanges: Answers to Frequently Asked Questions.*** Portland, Oregons, USA: HDR, 2012.

CAPÍTULO 4

CONCEITOS FUNDAMENTAIS E APLICAÇÕES PRÁTICAS DA GESTÃO DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS PRESTADOS POR SISTEMAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS

Data de submissão: 22/12/2023 *Data de aceite: 22/12/2023*

Carlos Eduardo Sanches de Andrade
Universidade Federal de Goiás - Faculdade de Ciências e Tecnologia
Docente das graduações em Engenharia de Transportes e Engenharia Civil
Aparecida de Goiânia - GO
http://lattes.cnpq.br/2536969910869609

Alessandro de Santana Moreira de Souza
Universidade Veiga de Almeida
Docente da graduação em Engenharia Civil
Rio de Janeiro - RJ
http://lattes.cnpq.br/1112785112603721

Isabela Araujo Bittencourt
UniAraguaia Centro Universitário
Discente de graduação
Goiânia - GO

RESUMO: Esse trabalho aborda alguns conceitos fundamentais da gestão da qualidade dos serviços prestados por sistemas de transportes públicos. Para complementar a teoria, são apresentadas aplicações práticas desses conceitos fundamentais em um sistema de transporte público, o Metrô do Rio de Janeiro, que utiliza os indicadores de qualidade medidos por pesquisas de opinião de qualidade, e medidos por auditoria, para realizar a gestão da qualidade dos serviços prestados aos seus passageiros durante a sua operação metroviária. São apresentados e analisados os parâmetros de qualidade medidos pelas pesquisas e auditorias, juntamente com os resultados obtidos na pesquisa e na auditoria realizada durante o mês de setembro de 2018.

PALAVRAS-CHAVE: Conceitos fundamentais. Aplicações práticas. Qualidade dos serviços prestados. Operação metroviária. Pesquisa de opinião. Auditoria dos serviços.

FUNDAMENTAL CONCEPTS AND PRACTICAL APPLICATIONS OF QUALITY MANAGEMENT OF SERVICES PROVIDED BY PUBLIC TRANSPORT SYSTEMS

ABSTRACT: This work addresses some fundamental concepts of managing the quality of services provided by public transport systems. To complement the theory, practical applications of these fundamental concepts are presented in a public transport system, the Rio de Janeiro Metro, which uses quality indicators measured by quality opinion surveys, and

measured by audit, to carry out management of quality of services provided to its passengers during its metro operation. The quality parameters measured by research and audits are presented and analyzed, together with the results obtained in the research and audit carried out during the month of September 2018.
KEYWORDS: Fundamental concepts. Practical applications. Quality of services provided. Subway operation. Survey Research. Audit of services.

1 I INTRODUÇÃO

Embora tradicionalmente, no Brasil, o transporte de passageiros seja feito principalmente pelo modo rodoviário, por ônibus, os sistemas de transportes sobre trilhos destacam-se como a solução preferencial para transporte de alta capacidade, principalmente nas grandes cidades. Fatores como quantidade de pessoas transportadas por hora, rapidez e boa qualidade do serviço, somam-se aos novos requisitos sustentáveis de qualidade de vida, com menor nível de poluição do ar e poluição sonora, bem como a mitigação do aumento de engarrafamentos, favorecendo o incremento da solução metroferroviária de passageiros nas grandes cidades.

A excelência na qualidade dos serviços prestados aos passageiros por sistemas de transportes públicos é fruto de resultado de ações implantadas pelas operadoras de transportes, com o objetivo de planejar da melhor forma possível a qualidade a ser ofertada para os passageiros. Fernandes (1999) ressalta que todas as operadoras metroferroviárias urbanas brasileiras passaram pela experiência de implementação de programas de qualidade total por orientação governamental.

O objetivo deste trabalho é apresentar alguns conceitos fundamentais da gestão da qualidade dos serviços prestados por sistemas de transportes públicos e as aplicações práticas desses conceitos fundamentais, apresentando um estudo de caso real em um sistema metroviário brasileiro, o Metrô do Rio de Janeiro. A seção 1 constitui-se como uma introdução, onde houve uma breve contextualização do estudo em questão e foi definido o objetivo. A seção 2 analisa alguns conceitos fundamentais da gestão da qualidade dos serviços prestados por empresas operadoras de transportes públicos. A seção 3 relata as aplicações práticas dos conceitos fundamentais apresentados nesse trabalho, através da descrição de um estudo de caso real em um sistema metroviário brasileiro, o Metrô do Rio de Janeiro. Por fim, a seção 4 apresenta as conclusões desse trabalho.

2 I CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA GESTÃO DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS PRESTADOS POR EMPRESAS OPERADORAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS

A gestão da qualidade das empresas operadoras de transportes públicos necessita de instrumentos que consigam aferir o desempenho desses sistemas e sua aderência às expectativas dos passageiros. Os indicadores, operacionais e de qualidade, são os instrumentos adequados para essa finalidade.

Segundo Takashina e Flores (1996), os indicadores de qualidade são aqueles que estão diretamente relacionados às características da qualidade do produto ou serviço. Devem expressar as necessidades e anseios dos clientes/passageiros. Já os indicadores operacionais, estão mais ligados às características intrínsecas (específicas) do produto e do processo, desdobrados a partir das características da qualidade.

Os indicadores de qualidade são também conhecidos como indicadores da satisfação dos clientes/passageiros. Medem como o produto/serviço é visto pelo cliente/passageiro e a capacidade do processo em atender aos requisitos dos clientes/passageiros. Portanto, os indicadores de qualidade são basicamente formados por pesquisas de opinião de qualidade com os passageiros dos sistemas de transportes públicos, e por auditorias realizadas nesses sistemas.

2.1 A pesquisa de opinião da qualidade dos serviços prestados por sistemas de transportes públicos de passageiros

A qualidade dos processos pode ser medida através do conceito de nível de serviço. O nível de serviço pode ser definido como um conjunto de medidas técnicas utilizadas para medir aspectos diversos da operação (Lima Júnior, 1995). De acordo com Santana Filho (1984), para avaliar o nível de serviço e/ou produto ofertado, necessita-se de um instrumento que aborde essas variáveis de modo quantitativo. O conceito de nível de serviço em transportes é utilizado como a medida da qualidade técnica dos processos, como por exemplo, o tamanho das filas, níveis de congestionamentos, tempos de espera e índices de avarias.

Os indicadores de qualidade podem ser aferidos por medição direta, através de observadores independentes contratados pela operadora, que se comportam como passageiros e fazem pesquisas diretas no sistema, sem entrevistas, num procedimento conhecido como MSS - *Mystery Shopping Surveys*, onde um viajante treinado avalia quantitativamente os aspectos que o passageiro avalia qualitativamente (Zitricky et al., 2014).

Contudo, em relação aos indicadores de qualidade, a técnica mais comumente utilizada é a aferição por medição direta através da realização periódica de pesquisas de opinião de qualidade junto com os passageiros dos sistemas de transpores públicos. Realizando essa pesquisa de opinião, a operadora de transporte público consegue obter os subsídios necessários para avaliar qualitativamente todos os atributos relevantes da operação, em busca da excelência na prestação do serviço de transporte. Na pesquisa, os passageiros do sistema de transporte público informam as “notas” para cada um dos atributos avaliado na pesquisa.

Existe uma grande dificuldade em apurar os índices de qualidade, por se tratar de dados com um grau de subjetividade muito grande. Ou seja, como se trata de uma

pesquisa direta com os passageiros, fatores externos podem interferir nas “notas” que os mesmos informam durante a realização da pesquisa. Por exemplo, problemas pessoais, ou mesmo mau humor ocasional do passageiro, podem ser motivos para gerar notas baixas na realização da pesquisa.

2.2 A auditoria da qualidade dos serviços prestados por sistemas de transportes públicos de passageiros

Uma alternativa para medir a qualidade dos serviços prestados por sistemas de transportes públicos é a realização de auditoria externa, contratada, a fim de verificar os atributos que não estão em conformidade com a programação da operação de transporte. Esse método pode ser considerado mais assertivo do que as pesquisas de opinião, já que o aspecto de subjetividade dos passageiros não está presente nas auditorias.

Um exemplo disso é a avaliação do item “iluminação dos veículos de transportes”. Realizando a medição por auditoria, são contabilizados o número total de lâmpadas apagadas em um veículo de transporte público. De posse dessa informação, esse número de lâmpadas apagadas é comparado com o número de lâmpadas totais deste veículo, a fim de identificar o percentual total de lâmpadas apagadas neste veículo. Ou seja, essa forma de medição pode ser considerada mais justa do que uma medição por pesquisas de opinião, onde o passageiro pode dar uma nota baixa mesmo com todas as lâmpadas deste veículo acesas, porque ele pode “sentir” que a iluminação do veículo é baixa.

3 I APLICAÇÕS PRÁTICAS DOS CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA GESTÃO DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS PRESTADOS PELO METRÔ DO RIO DE JANEIRO

O Metrô do Rio de Janeiro realiza pesquisas de opinião de qualidade junto com os seus passageiros, além de também realizar auditorias de qualidade, comprovando junto à sociedade que a operadora está preparada para prestar, cada vez mais, melhores serviços (MetrôRio, 2019).

3.1 A pesquisa de opinião da qualidade dos serviços prestados pelo Metrô do Rio de Janeiro

A pesquisa IQS (Índice de Qualidade dos Serviços) é realizada pelo Metrô do Rio de Janeiro de forma periódica e sistemática: duas vezes por ano. O objetivo deste indicador de qualidade é verificar como os passageiros avaliam e entendem, qualitativa e quantitativamente, a qualidade dos seguintes serviços prestados pelo Metrô Rio: a) segurança do sistema; b) atendimento dos empregados; c) informações aos passageiros; e d) atuação dos seguranças.

A pesquisa tem como finalidade identificar os aspectos positivos e negativos de

cada um desses serviços, para que, o Metrô do Rio de Janeiro, através de ações próprias, consiga melhorá-los para com isso atingir as metas estabelecidas.

O IQS é fruto de resultado de uma pesquisa de opinião, realizada pelo Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística - IBOPE, aplicada aos passageiros do Metrô do Rio de Janeiro, durante os meses de março e de setembro. Ela visa identificar a “qualidade do serviço em geral”. Esse indicador de qualidade mede a satisfação do cliente/passageiro com relação ao serviço prestado, incluindo-se aí suas expectativas de atendimento. O indicador IQS representa a imagem do serviço em geral na visão do cliente/passageiro. Trata-se da opinião de quem usa o sistema em contexto compartilhado por outros sistemas de transporte, e sujeito a influências contingenciais. É importante a comparação do IQS com valores históricos relativos ao próprio Metrô, onde será avaliado o crescimento ou redução da qualidade do serviço prestado (MetrôRio, 2019).

Esse indicador começou a ser apurado em 1999. Atualmente, a meta estipulada para o IQS do sistema tem que ser de, no mínimo, 8,0 (nota geral do IQS). São 18 itens a serem analisados na pesquisa e cada item recebe as suas notas de avaliação, além do passageiro necessitar atribuir uma nota única sobre a “qualidade dos serviços em geral”. Os parâmetros de qualidade (atributos) dizem respeito ao que é percebido e avaliado pelos passageiros. Esses atributos revelam os resultados da exploração dos serviços metroviários em termos de sua eficácia. A figura 1 apresenta quais são os atributos avaliados e os seus resultados obtidos na pesquisa realizada em setembro de 2018.

Atributos	setembro/ 2018				
	Geral L1/L2/L4	Geral L1/L2	Linha 1	Linha 2	Linha 4
Atendimento dos empregados - equipe de bilheteria	8,4	8,5	8,4	8,6	8,3
Atendimento dos empregados - equipe de segurança	8,5	8,5	8,4	8,5	8,7
Avisos sonoros nas estações	8,1	8,1	8,0	8,1	8,3
Avisos sonoros nos trens	7,9	7,9	7,9	8,0	8,1
Comunicação visual - sinalização no interior das estações	8,3	8,2	8,3	8,2	8,4
Conforto	6,2	6,1	6,3	5,6	7,4
Conservação das estações	8,0	7,9	7,9	7,8	8,5
Conservação dos trens	7,8	7,8	7,8	7,8	8,2
Facilidade e tempo na compra dos bilhetes	7,6	7,7	7,6	7,7	7,5
Funcionamento das escadas rolantes nas estações onde existem	7,8	7,7	7,8	7,3	8,4
Funcionamento do Ar Condicionado	8,1	8,1	8,1	8,1	8,3
Iluminação no interior das estações	8,8	8,8	8,8	8,7	8,9
Informações aos usuários	8,2	8,2	8,2	8,1	8,2
Limpeza dos trens	8,3	8,2	8,3	8,1	8,7
Limpeza no interior das estações	8,5	8,4	8,4	8,4	8,9
Segurança do sistema	8,4	8,3	8,4	8,2	8,7
Tempo de espera nas plataformas	8,0	7,9	7,9	8,0	8,4
Tempo de viagem	8,4	8,4	8,4	8,3	8,9
Média dos atributos	**8,1**	**8,0**	**8,1**	**8,0**	**8,4**
Qualidade dos serviços em geral	8,0	7,9	7,9	8,0	8,4
Índice de Qualidade dos Serviços (IQS)	**8,1**	**8,0**	**8,0**	**8,0**	**8,4**

Figura 1: Resultado da pesquisa IQS realizada no Metrô do Rio de Janeiro em setembro de 2018, pelo IBOPE (fonte: MetrôRio, 2019)

As pesquisas sempre são realizadas em todas as 41 estações do Metrô do Rio de Janeiro, conforme os critérios de amostragem definidos pelo IBOPE. Nessa pesquisa realizada em setembro de 2018 foram realizadas 1.001 entrevistas nas Linhas 1 e 2, sendo adicionadas 203 entrevistas exclusivamente para a Linha 4. A pesquisa foi realizada em campo, entre os dias 17 a 21 de setembro de 2018, dentro das estações metroviárias, após os passageiros inserirem seus bilhetes nos torniquetes das estações. Dessa forma, existe a garantia que a entrevista realizada será realmente com um passageiro do Metrô do Rio de Janeiro. A margem de erro dessa pesquisa foi de 3 pontos percentuais para mais ou menos sobre os resultados obtidos no total da amostra, considerando um nível de confiança de 95% (MetrôRio, 2019).

Ao responder a pesquisa, o passageiro deve atribuir notas de 0,0 a 10,0 para cada um dos 18 atributos, de forma independente. Além dos atributos citados na figura 1, a pesquisa é complementada com outras perguntas relevantes que interessam para a gestão do sistema metroferroviário – o conhecimento das características dos seus passageiros, como: a) perfil socioeconômico; b) perfis de utilização; c) necessidade ou não de utilizar outro meio de transporte para chegar ou sair do metrô; d) tempo de caminhada; e) comparação com outros meios de transporte. Com base na pesquisa realizada em setembro de 2018,

as figuras 2 e 3 apresentam uma parte dos resultados obtidos dos “perfis de utilização” dos passageiros do Metrô do Rio de Janeiro, separados por: sexo, idade, turistas e quantidade de dias da semana que os passageiros utilizam o sistema.

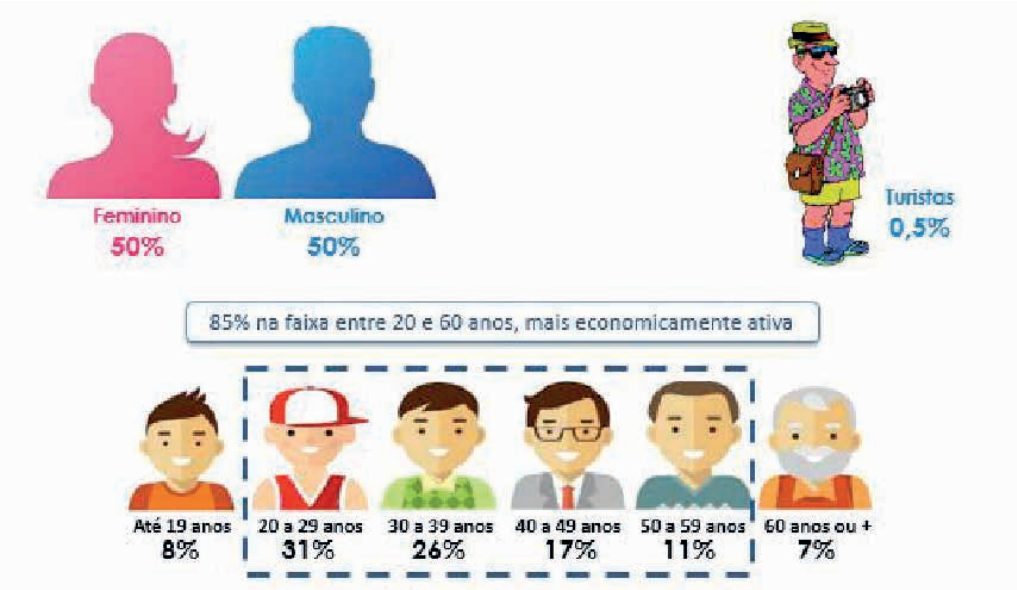


Figura 2: Resultado dos “perfis de utilização” (sexo, idade, turistas) da pesquisa IQS realizada no Metrô do Rio de Janeiro em setembro 2018, pelo IBOPE (fonte: MetrôRio, 2019)

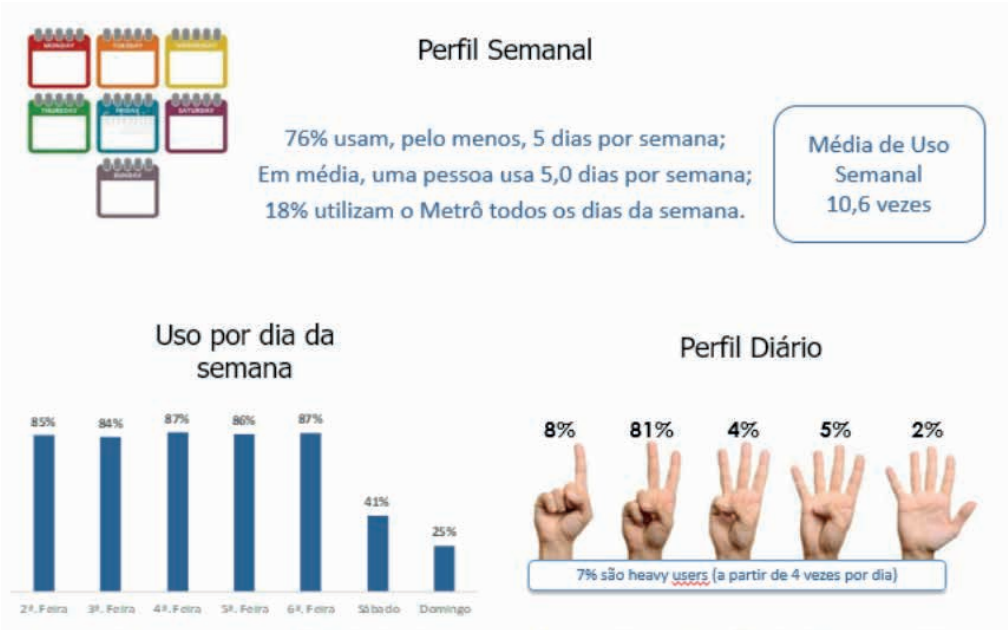


Figura 3: Resultado dos “perfis de utilização” (quantidade de dias da semana que os passageiros utilizam o sistema) da pesquisa IQS realizada no Metrô do Rio de Janeiro em setembro de 2018, pelo IBOPE (fonte: MetrôRio, 2019)

Outro exemplo de resultado obtido na pesquisa de setembro de 2018 sobre os "perfis de utilização" dos passageiros do Metrô do Rio de Janeiro é ocupação dos passageiros, que foi dividido em: trabalhador assalariado (48%), informal (13%), funcionário público (10%), profissional liberal (9%), estudante (8%), se trabalha no comércio (5%), se não trabalha por opção (5%), ou se é aposentado/pensionista (2%). Desse total, 15% dos passageiros informaram estar desempregado nos últimos 6 meses (MetrôRio, 2019).

Como outros exemplos de dados apurados sobre os "perfis de utilização" dos passageiros do Metrô do Rio de Janeiro podem ser citados: a) nível de escolaridade; b) se possui automóvel; c) motivo da viagem (trabalho, estudo, lazer, etc.); d) perfil de uso do metrô nos finais de semanas; e e) tempo de uso do metrô (se é passageiro antigo ou novo no sistema).

3.2 A auditoria da qualidade dos serviços prestados pelo Metrô do Rio de Janeiro

O processo de auditoria dos serviços prestados pelo Metrô do Rio de Janeiro iniciou em setembro de 2015, motivado pela necessidade de obtenção de dados mais confiáveis e precisos, que não considerassem nos seus resultados os aspectos de subjetividade dos passageiros, como ocorre nas pesquisas de opinião de qualidade. Na época, foi constatado que diversas notas da pesquisa IQS se encontravam aquém das metas estabelecidas, mesmo com o serviço prestado estando dentro da conformidade. Esse fato comprovou a existência de aspectos subjetivos ou externos (sem responsabilidade da operadora) nas pesquisas IQS realizadas pelo IBOPE, que acabaram prejudicando as notas atribuídas pelos passageiros quanto à prestação dos serviços do Metrô do Rio de Janeiro.

Com isso, a operadora criou um procedimento de auditoria, em conjunto com as equipes da RIO TRILHOS (Órgão do Governo do Rio de Janeiro responsável pelas expansões do sistema metroviário) e da AGETRANSP (Agência Reguladora de Serviços Públicos Concedidos de Transportes Aquaviários, Ferroviários e Metroviários e de Rodovias do Estado do Rio de Janeiro), onde esses aspectos subjetivos ou externos não fossem considerados.

As auditorias são sempre realizadas em paralelo com a pesquisa IQS, duas vezes por ano, durante os meses de março e setembro, nas mesmas datas e horários da pesquisa IQS. Dessa forma, os resultados da pesquisa IQS e da auditoria podem ser comparados de forma mais justa.

As auditorias são realizadas em horário de operação comercial, por uma empresa externa, contratada, idônea, que é acompanhada por testemunhas (funcionários do Metrô do Rio de Janeiro), que auxiliam os auditores na realização do serviço de auditoria nas estações e nos trens do Metrô do Rio de Janeiro. Durante a realização da auditoria são verificados 12 itens em campo, sendo: 07 itens de estações e 05 itens de trens. A tabela 1

apresenta os itens avaliados e os resultados obtidos na auditoria realizada em setembro de 2018.

Auditoria do Metrô de Rio de Janeiro - Setembro/2018		
Itens avaliados	Tipo	Notas
Limpeza das estações	Estação	9,9
Comunicação das estações	Estação	10,0
Conservação das estações	Estação	9,4
Sonorização das estações	Estação	10,0
Iluminação das estações	Estação	9,3
Equipamentos de transportes das estações	Estação	10,0
Facilidade de compra de bilhetes nas estações	Estação	10,0
Limpeza dos trens	Trem	9,9
Conservação dos trens	Trem	10,0
Iluminação dos trens	Trem	10,0
Ar condicionado dos trens	Trem	9,8
Nota Final da Auditoria de Setembro de 2018		9,8

Tabela 1: Resultado da auditoria realizada no Metrô do Rio de Janeiro em setembro de 2018, por empresa contratada (fonte: MetrôRio, 2019)

4 I CONCLUSÕES

Dentro do âmbito de sistemas de transportes públicos, foram pesquisados os conceitos fundamentais sobre pesquisa de opinião de qualidade e as auditorias de qualidade. Também foram apresentadas aplicações práticas desses conceitos fundamentais em uma empresa de transporte público, o Metrô do Rio de Janeiro, que utiliza pesquisas de opinião e realiza auditorias para as medições dos principais atributos “sentidos” pelos passageiros desse sistema metroviário.

Pode-se concluir que a realização periódica e sistemática de pesquisa de opinião de qualidade com os passageiros de sistemas de transportes públicos, associado à realização de auditorias de qualidades externas, trazem informações e dados mais confiáveis para os gestores desses sistemas, possibilitando identificar as oportunidades de melhoria contínua dos seus processos internos.

Com as ações de melhoria contínua implantadas no Metrô do Rio de Janeiro, a operadora consegue realizar de forma mais assertiva a gestão da qualidade dos serviços prestados aos seus passageiros, acarretando na melhoria da prestação do seu serviço de transporte metroviário.

REFERÊNCIAS

Fernandes, F.S. (1999) Avaliação da qualidade do serviço de transporte coletivo urbano: uma abordagem humanista exploratória. Tese de D. Sc, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

Lima Júnior, O.F. (1995) Qualidade em serviços de transportes: conceituação e procedimento para diagnóstico. Tese de D. Sc, USP, São Paulo.

MetrôRio (2019) Informações fornecidas por Daniel Habib, Diretor de Operações do Metrô do Rio de Janeiro.

Santana Filho, A.R. (1984) Avaliação do desempenho de serviços de ônibus urbano do ponto de vista do passageiro. Dissertação de M. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

Takashina, N.T. e Flores, M.C.X. (1996) *Indicadores de qualidade e do desempenho – Como estabelecer metas e medir resultados*. 1ª ed. Rio de Janeiro, Qualitymark.

Zitricky, V., Gasparik, J., Peceny, L. (2014) The methodology of rating quality standards in the regional passenger transport. *Transport Problems* v10 (SE) p. 59-72.

CAPÍTULO 5

MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL – UMA ABORDAGEM CONCEITUAL

Data de submissão: 05/12/2023 *Data de aceite: 22/12/2023*

Rone Evaldo Barbosa
Universidade Estadual de Goiás / Ministério dos Transportes / Infra S.A., Brasília, Distrito Federal, Brasil
http://lattes.cnpq.br/5991735511068871

Alexandre Garcês de Araújo
Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Goiás, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/3321527696885052

Antonio José Rodriguez de Mattos Gobbo
Universidade de Brasília / Via Urbana / GPO, Brasília, Distrito Federal, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/5267624629862498

RESUMO: Este trabalho retrata o tema da Mobilidade Urbana Sustentável por meio de uma abordagem conceitual, mas fugindo dos modelos tradicionais que adjetivam e, até certo ponto, rotulam o tema sob uma ótica visionária. Esta abordagem é focada em uma visão prática, conciliando as interfaces entre o espaço urbano, os meios de transporte e o cidadão, como parte mais frágil do ecossistema urbano e centro focal de todos os elementos que integram a mobilidade urbana. O conceito de sustentabilidade é apresentado como ponto de equilíbrio entre as dimensões social, econômica e ecológica, considerando a dinâmica da circulação dos atores integrantes da mobilidade urbana.

PALAVRAS-CHAVE: mobilidade urbana; sustentabilidade; transportes urbanos; tráfego.

SUSTAINABLE URBAN MOBILITY – A CONCEPTUAL APPROACH

ABSTRACT: This work portrays the theme of Sustainable Urban Mobility through a conceptual approach, but avoiding traditional models that adjective and, to a certain extent, label the theme from a visionary perspective. This approach is focused on a practical vision, reconciling the interfaces between urban space, means of transport and the citizen, as the most fragile part of the urban ecosystem and the focal center of all the elements that make up urban mobility. The concept of sustainability is presented as a point of balance between the social, economic and ecological dimensions, considering the dynamics of the circulation of actors involved in urban mobility.

KEYWORDS: urban mobility; sustainability; urban transport; traffic.

1 | INTRODUÇÃO

Os conceitos de mobilidade e acessibilidade estão, do ponto de vista social e mesmo legal, associados ao direito de ir e vir de todo cidadão, estabelecido pela Constituição Federal do Brasil (Brasil, 1988). Contudo, do ponto de vista técnico, a mobilidade urbana é um atributo associado às pessoas e aos bens e corresponde às diferentes respostas dadas por indivíduos e agentes econômicos às suas necessidades de deslocamento, considerando-se as dimensões do espaço urbano e a complexidade de atividades nele desenvolvidas. Ou seja, a capacidade de as pessoas se deslocarem no meio urbano para realizar suas atividades – a qualquer lugar, a qualquer momento (Barbosa & Gobbo, 2012).

A acessibilidade, por sua vez, é a medida mais direta dos efeitos de um sistema de transporte, equivale à facilidade de se atingir os destinos desejados (Barbosa & Gobbo, 2012). Tal facilidade deve ser, entretanto, garantida aos diversos atores da mobilidade urbana (figura 1), cuja parte mais frágil é o pedestre, seja ele plenamente funcional ou com mobilidade reduzida. Se considerarmos este universo de Pessoas com Mobilidade Funcional Reduzida (PMFR), estima-se que o mesmo represente cerca de um terço de toda a população humana.

Figura 1: Atores da mobilidade urbana (Barbosa & Gobbo, 2012).

Será discutido neste trabalho a dinâmica da circulação destes atores da mobilidade urbana no contexto de suas dimensões econômica, ambiental e social, observados os diversos conflitos de circulação destacados na figura 2. Note-se que tais conflitos decorrem da disputa por espaço no sistema viário, observados os diversos outros fatores relacionados à sua causa.

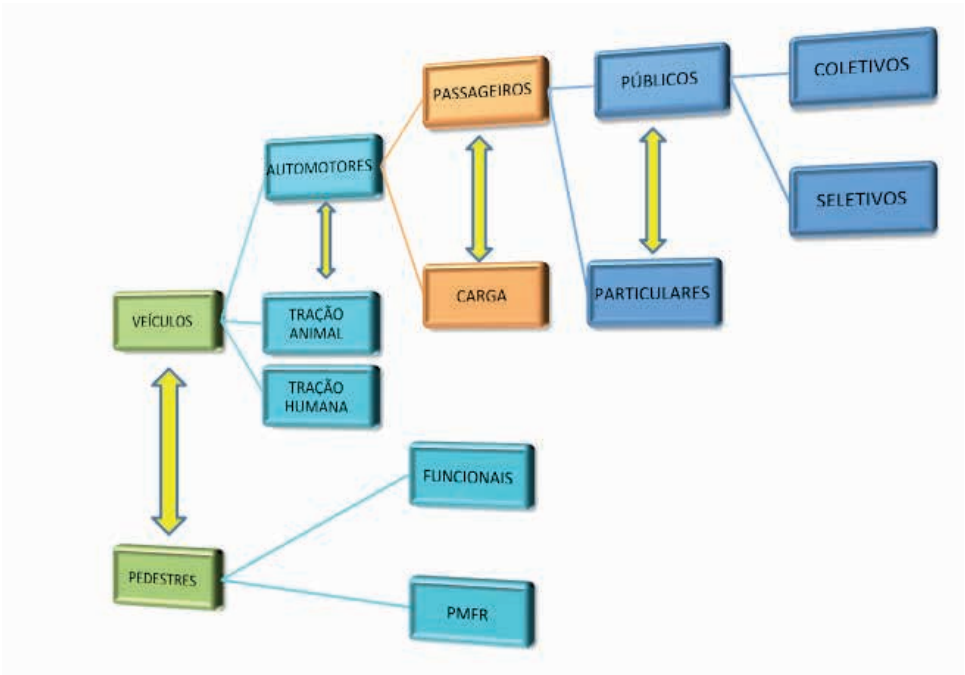


Figura 2: Conflitos de circulação (Barbosa & Gobbo, 2012).

2 | DINÂMICA DA CIRCULAÇÃO NOS ESPAÇOS URBANOS

Os gráficos apresentados na figura 3 mostram que 82% da população brasileira reside em área urbana, onde cerca de 70% da população ocupa 10% do território e 8% dos municípios agregam 55% de toda a população brasileira.

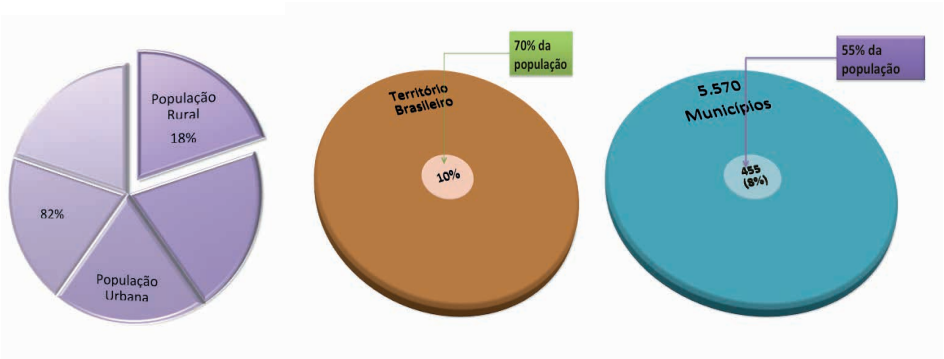


Figura 3: Espaços urbanos brasileiros (Barbosa & Gobbo, 2012).

Os deslocamentos no espaço urbano decorrem da necessidade de as pessoas se deslocarem para suas atividades diárias (trabalho, estudo, lazer, etc.), na busca ou desenvolvimento de serviços diversos, ou mesmo o deslocamento de bens entre diferentes

pontos (figura 4).

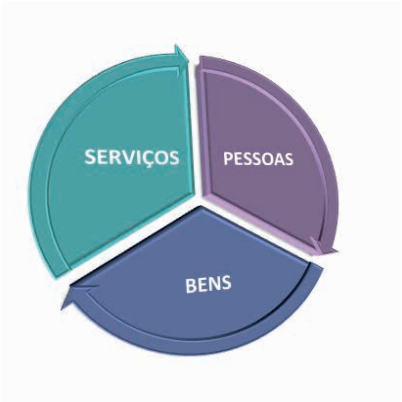


Figura 4: Dinâmica da circulação nos espaços urbanos (Barbosa & Gobbo, 2012).

Um espaço urbano que atenda a essa dinâmica de circulação, envolverá as três dimensões básicas interferentes na mobilidade: econômica, social e ambiental (figura 5).

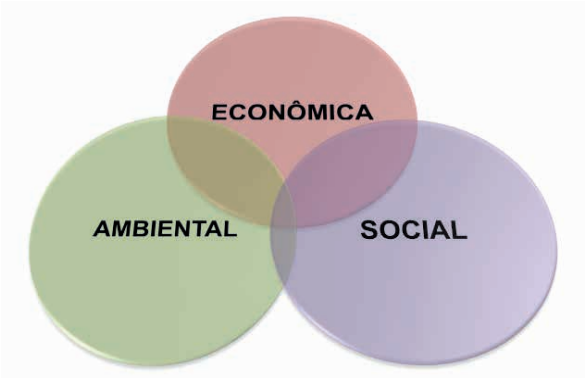


Figura 5: Dimensões da mobilidade (Barbosa & Gobbo, 2012).

Apenas quando se observa a interface entre estas dimensões,é possível se obter melhor compreensão da dinâmica de circulação nos espaços urbanosno contexto da sustentabilidade.

3 I MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

Para melhor compreensão do conceito de mobilidade urbana sustentável, é necessário compreender primeiramente o conceito de desenvolvimento sustentável.

3.1 Desenvolvimento Sustentável

O conceito de desenvolvimento sustentável no contexto dos espaços urbanos pode ser definido a partir do gráfico de Newman & Kenworthy (1999) – figura 6 – como o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, o desenvolvimento social e o desenvolvimento ecológico. Quanto observados isoladamente, cada um tem os respectivos imperativos e, quando observados apenas dois deles, não se atinge o modelo ideal de sustentabilidade. O desenvolvimento econômico e social pressupõe melhorias nas condições econômicas para o benefício social, mesmo em prejuízo das questões ambientais. O desenvolvimento econômico-ecológicos, também denominado conservacionismo, é pautado na melhoria das condições econômicas até com o mínimo de impacto ambiental, sem observas as necessidades básicas sociais. Enquanto o desenvolvimento ecológico e social pode ser chamado de ecologia utópica, pois não considera a necessidade de recursos econômicos para o desenvolvimento social.

Assim, o desenvolvimento sustentável somente será possível quando observado o atendimento dos imperativos de ordem econômica, social e ambiental, observado na interseção entre os três elementos apresentados na figura 6.

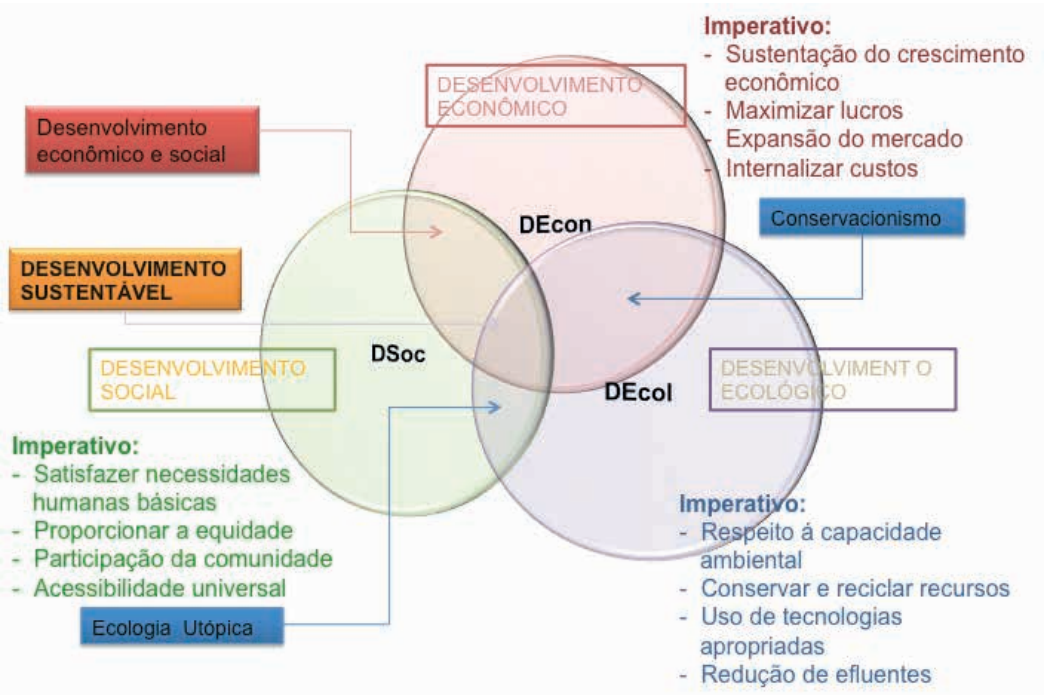


Figura 6: Desenvolvimento Sustentável (adaptado de Newman & Kenworthy, 1999).

3.2 Mobilidade e Inclusão Social

O Fórum Nacional de Reforma Urbana – FNRU, organizado pelo Movimento Nacional pelo Direito ao Transporte Público de Qualidade para Todos – MDT (2009) destaca três princípios fundamentais para a garantia do direito à mobilidade com inclusão social:

- Direito à cidade: todos os moradores das cidades devem ter direito à moradia digna, ao saneamento ambiental, à saúde e educação, ao transporte público e à alimentação, ao trabalho, ao lazer e à informação.
- Gestão democrática das cidades;
- Função social da cidade e da propriedade.

3.3 Políticas de Mobilidade Urbana

Mobilidade é função pública destinada agarantir a acessibilidade para todos com segurança. A partir de políticas públicas bem definidas, mediante o adequado planejamento do uso e ocupação do solo urbano, é possível propiciar uma mobilidade urbana sustentável e, consequentemente, a melhoria da qualidade de vida à sociedade. Este é, portanto, o mecanismo da sustentabilidade nos espaços urbanos (figura 7).

Figura 7: Mecanismos de Sustentabilidade (Barbosa & Gobbo, 2012).

3.4 Mobilidade Urbana Sustentável

Observados os conceitos apresentados anteriormente, pode-se definir **Mobilidade Urbana Sustentável** como o resultado de um conjunto de políticas de transporte e circulação que visam proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, através da priorização dos modos de transporte coletivo e não motorizados, de forma efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável.

Então, pode-se estabelecer como diretriz ou política pública fundamental, a necessidade de se conciliar e harmonizar os deslocamentos de bens e pessoas em diferentes modais de transporte e adequar as necessidades de acomodação da frota crescente no meio urbano, sem prejuízo das componentes sociais e ambientais.

3.5 Reflexos das Interferências na Mobilidade

A seguir são discutidas as interferências na mobilidade relacionadas ao trânsito, os transportes públicos, os pedestres e a segurança viária.

3.5.1 Trânsito

A cultura do transporte individual, o alto índice de motorização e o aumento da renda, associado à baixa atratividade dos transportes coletivos têm sido fatores preponderantes nos problemas de mobilidade nas cidades. A figura 8, do Departamento de Trânsito de Berlim, representa um quadro comparativo tradicionalmente utilizado no meio acadêmico. Ela mostra uma análise comparativa do espaço ocupado por 60 pessoas utilizando ônibus, bicicleta ou carro, onde fica evidente o benefício direto dos dois primeiros em relação ao veículo individual.

Figura 8: Espaço que 60 pessoas ocupam no trânsito (Barbosa & Gobbo, 2012).

3.5.2 Pedestres

Em geral, na mobilidade urbana são observados dois tipos de conflitos com os pedestres: (1) conflitos longitudinais e (2) conflitos transversais.

Os conflitos longitudinais ocorrem nos deslocamentos sobre as calçadas e os passeios públicos. Geralmente ocorrem pelo uso indevido por ciclistas, motociclistas e até mesmo veículos sobre calçadas, mas o mais comum é a ocupação indevida do espaço dedicado aos pedestres por objetos colocados sobre as calçadas. É bastante comum em centros comerciais e espaços com grande circulação de pedestres, a ocupação por vendedores ambulantes ou mesmo pelas lojas, expondo seus produtos sobre as calçadas. Em lojas de veículos é também comum o estacionamento desses veículos sobra calçadas e passeios para a sua melhor exposição.

Os conflitos transversais ocorrem nos deslocamentos travessias de leitos viários, onde há maior possibilidade de ocorrência de atropelamentos. Tal situação pode ocorrer seja pelo desrespeito à preferência do pedestre ou pela desobediência à sinalização de trânsito e regras de circulação estabelecidas no Código de Trânsito Brasileiro - CTB (Brasil, 1997). A figura 9 mostra exemplos de conflitos transversais.

Figura 9: Conflitos transversais (Barbosa & Gobbo, 2012).

3.5.3 Transportes Públicos

Em relação aos transportes públicos, os problemas de mobilidade decorrem da baixa atratividade do modal, seja por ineficiência operacional do sistema ou devido à baixa qualidade dos serviços. Em relação ao custo do sistema e, consequentemente, dos valores de tarifas, vários fatores influenciam diretamente em sua elevação, conforme mostrado na figura 10.

Figura 10: Problemas estruturais dos sistemas de transportes (Barbosa & Gobbo, 2012).

3.5.4 Segurança Viária

Os problemas de segurança viária são, em grande parte, decorrentes de problemas de mobilidade, associados à cultura do transporte individual observada na maioria das cidades. Os fatores de risco, por sua vez, geram stress no usuário da via, cujo comportamento influencia na fluidez, na segurança e no conforto próprios e dos demais usuários, conforme ilustrado na figura 11.

Figura 11: Mobilidade e a segurança viária (Barbosa &Gobbo, 2012).

As políticas públicas destinadas à redução de conflitos de circulação que privilegiem a segurança viária envolvem os chamados “três E´s” da segurança viária: ***E**ngeneering, **E**ducation e **E**nforcement*, conforme representado na figura 12.

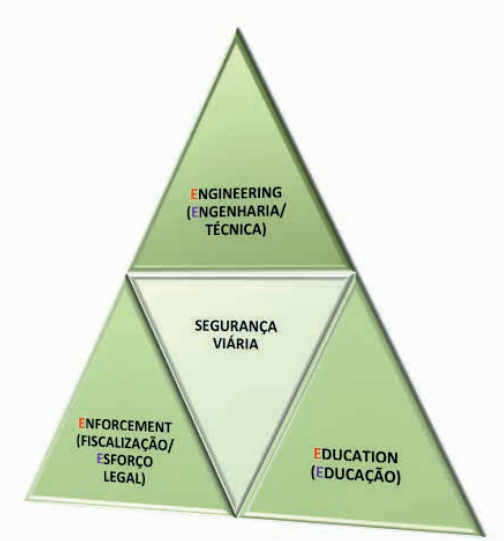


Figura 9: Os três E's da segurança viária (Barbosa & Gobbo, 2012).

A **E**ngenharia (*Engeneering*) representa a aplicação da técnica para a garantia de condições adequadas de infraestrutura, compatíveis com as características de circulação no local de implantação.

A **E**ducação contempla o processo de formação do condutor e a informação ao usuário da via, em caráter permanente para as campanhas de educação no trânsito e para o trânsito, e em caráter transitório para as ações de orientação para o uso adequado da via, em operações de trânsito.

A Fiscalização (*Enforcement*), também referenciada como aplicação do **E**sforço Legal, que implica na exigência, por parte do poder público, que o usuário cumpra as regras de circulação na via, sob pena de incorrer em infrações de trânsito, conforme especificado no Código de Trânsito Brasileiro – CTB (Brasil, 1997), além do cumprimento às obrigações relativas ao pagamento de impostos, taxas e serviços.

O tripé Engenharia-Educação-Fiscalização se constitui em um processo cíclico e, portanto, contínuo. As ações deverão ser sempre integradas e com objetivos comuns, de tal modo que a ausência de pelo menos um dos três elementos resultará em ineficácia e ineficiência dos demais.

4 | CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme observado, a Mobilidade Urbana Sustentável depende da adoção de políticas públicas que privilegiem os modos de transportes coletivos e não motorizados e, assim, resultem em um modelo de cidade sustentável. Do ponto de vista social, há de se levar em conta o Direito Constitucional de ir e vir, por meio da garantia da Acessibilidade Universal, por meio da qual, todos terão o mesmo direitos de circular.

Contudo, grande parte dos problemas descritos neste trabalho, não são de responsabilidade direta do puder público e decorrem do comportamento inadequado do usuário da via. Seja pela desobediência às regras de circulação, pelo uso inadequado da via ou mesmo pela cultura do transporte individual. Assim, poder público e cidadão deverão, juntos, buscarem uma convivência harmoniosa na circulação, buscando um modelo de Mobilidade Urbana socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Rone Evaldo. GOBBO, Antonio. **Engenharia de Tráfego - Notas de Aula**. Anápolis/GO: Universidade Estadual de Goiás – Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas – Engenharia Civil, 2012.

BRASIL. Lei nº. 9503, de 23 de setembro de 1997. **Código de Trânsito Brasileiro – CTB**. Brasília: 1997.

BRASIL. **Constituição Federal**. Brasília: Congresso Nacional, 1988.

MDT - Movimento Nacional pelo Direito ao Transporte Público de Qualidade para Todos. **Mobilidade Urbana e Inclusão Social**.. Brasília: MDT; Fórum Nacional de Reforma Urbana - FNRU, 2009.

NEWMAN, Peter; KENWORTHY, Jeffrey. **Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence**. Washington, DC: Island Press, 1999.

CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE - Mestre e Doutor em Engenharia de Transportes. Possui 2 graduações: Administração (1999) e Engenharia de Produção (2004) ; 3 pós-graduações lato sensu: MBA em Marketing (2001), MBA em Qualidade e Produtividade (2005) e Engenharia Metroferroviária (2017) ; e 2 pós-graduações stricto sensu - Mestrado e Doutorado em Engenharia de Transportes pela COPPE/UFRJ (2009 e 2016). É professor adjunto da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Goiás (FCT/UFG), das graduações em Engenharia de Transportes e Engenharia Civil. É coordenador de estágio do curso de Engenharia de Transportes da FCT/UFG. Atuou como Engenheiro de Operações do Metrô do Rio de Janeiro por mais de 15 anos (2003 - 2019), nas gerências de: Planejamento e Controle Operacional, Engenharia Operacional, Operação, Inteligência de Mercado, Planejamento de Transportes e Planejamento da Operação Metroviária (de trens, das linhas de ônibus Metrô Na Superfície, e das estações metroviárias). Experiências acadêmica e profissional nas áreas de: Engenharia de Transportes, Operação de Transporte, Planejamento da Operação, Transporte Público, Sustentabilidade, Engenharia de Produção, Gestão, Administração e Engenharia de Projetos, atuando principalmente nos seguintes temas: operação, avaliação de desempenho operacional, ferramentas de gestão e de controle operacional, documentação operacional, indicadores de desempenho, planejamento da operação, satisfação dos usuários de transporte, pesquisas e auditoria de qualidade, sustentabilidade, emissões de gases do efeito estufa em sistemas de transportes, planejamento e acompanhamento de projetos de engenharia e de melhoria em sistemas de transporte.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aplicações práticas 42, 43, 50

Auditoria dos serviços 42, 49

C

Carga 1, 3, 6, 20

Conceitos fundamentais 1, 30, 42, 43, 45, 50

Concorrência perfeita 1, 2, 4

D

DDI 29, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40

I

Interseção diamante 29, 33, 37, 39

Interseção viária 29

M

Matriz origem-destino 8

Mobilidade urbana 8, 9, 13, 52, 53, 55, 57, 58, 61, 62

Monopólio 1, 4, 5, 6

O

Oligopólio 1, 4

Operação metroviária 42, 63

P

Passageiros 7, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50

Pesquisa de opinião 42, 44, 45, 46, 50

Programação da operação 8, 45

Projeto 7, 8, 9, 10, 24, 35, 37, 39, 40

Q

Qualidade dos serviços prestados 42, 43, 44, 45, 49, 50

R

Rodoviário 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 14, 24, 43

S

Semáforo 29, 35

Sustentabilidade 12, 52, 55, 56, 57, 63

T

Tráfego 7, 9, 11, 12, 16, 21, 29, 30, 34, 37, 40, 41, 52, 62

Transporte intermunicipal 8

Transporte rodoviário 1, 3, 4, 5, 6

Transportes urbanos 10, 52

ENGENHARIA DE TRANSPORTES:

conceitos fundamentais e aplicações práticas

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2023

ENGENHARIA DE TRANSPORTES:

conceitos fundamentais e aplicações práticas

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2023